

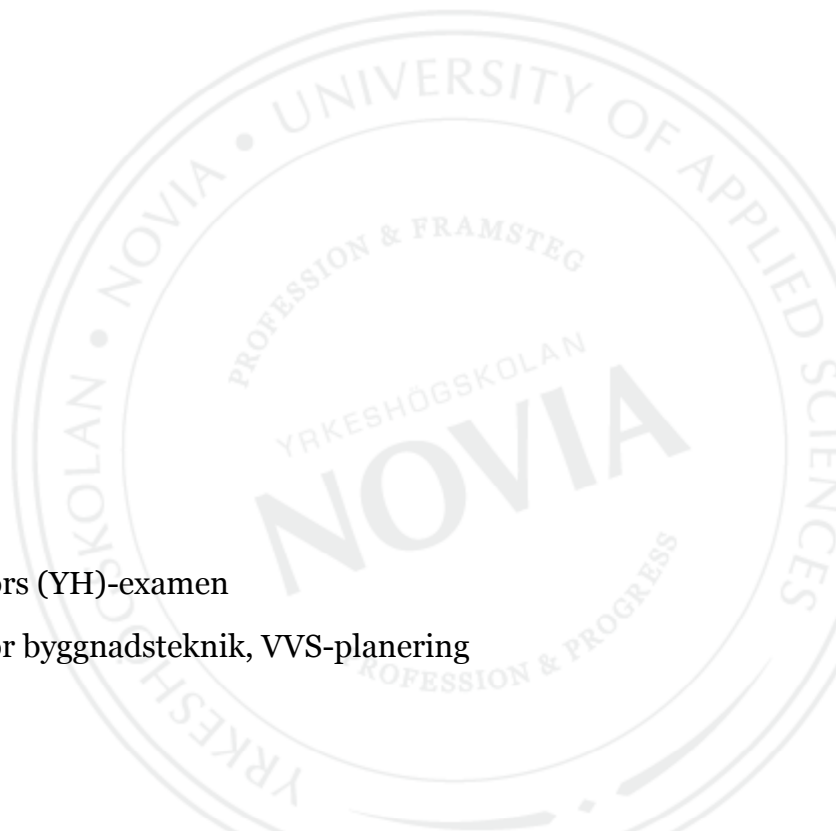
# **Lagring av solenergi**

Jan Wargén

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för byggnadsteknik, VVS-planering

Vasa 2015



## EXAMENSARBETE

Författare:	Jan Wargén
Utbildningsprogram och ort:	Byggnadsteknik Vasa
Inriktningsalternativ/Fördjupning:	VVS-planering
Handledare:	John Dahlbacka

Titel: *Lagring av solenergi*

---

Datum: 19.05.2015

Sidantal: 38

Bilagor: 2

---

### Abstrakt

Solen är jordens största energikälla. Det skulle vara fördelaktigt att ta tillvara mycket mera solenergi än vad som görs i dagsläget, eftersom den är förnybar och kostnadsfri. Även på våra breddgrader är solstrålningseffekten så pass stor att solenergin är värd att satsa på.

Detta ingenjörsarbete är inriktat på att göra en bedömning av hur många solfångare som är optimalt för en fastighet med ett långtidslager för uppbevarande av energi. Genom uträkningarna kommer jag fram till hur mycket energi som kan lagras i långtidslagret och hur långt in på vintern energin räcker.

Dokumentationen är uppbyggd på ett sådant sätt att den kan användas för liknande projekt av andra som är intresserade av att fördjupa sig i ämnet.

Resultatet av denna fastighets beräkningar leder till att med hjälp av energin i långtidslagret ökar täckningsgraden av energibehovet för golvvärmen från 25 till 42 procent.

---

Språk: svenska

Nyckelord: solenergi, solpanel

---

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä:	Jan Wargén
Koulutusohjelma ja paikkakunta:	Rakennustekniikka Vaasa
Suunatutumisvaihtoehto/Syventävät opinnot:	Lvi-suunnittelu
Ohjaaja:	John Dahlbacka

Nimike: *aurinkoenergian varastointi*

---

Päivämäärä: 19.05.2015	Sivumäärä: 38	Liitteet: 2
------------------------	---------------	-------------

---

### Tiivistelmä

Aurinko on maan suurin energianlähde. Koska tämä on ilmaista ja uusiutuva, kannattaisi hyödyntää paljon enemmän aurinkoenergiaa, verrattuna siihen, mitä tänä päivänä käytetään. Jopa meidän leveysasteilla, auringon säteilyn teho on niin suuri, että aurinkoenergia on vaihtoehto johon kannattaa panostaa.

Insinööriyössä keskitytään arvioimaan, aurinkopaneelien optimaalinen määrä, kiinteistössä joka on varustettuna pitkän aikavälin varastolla. Laskelmien kautta selvitän, kuinka paljon energiaa voidaan varastoida pitkän aikavälin varastoon, ja kuinka kauan energia riittää talvella.

Dokumentointi on luotu siten, että myös muut aiheesta kiinnostuneet, voivat halutessaan hyödyntää tätä.

Tutkimuksen tulos on se, että kiinteistö joka on varustettu pitkän aikavälin varastolla, energiatarpeen kattavuusaste lattialämmitykselle, nousee 25 prosentista 42 prosenttiin.

---

Kieli: ruotsi

Avainsanat: aurinkoenergia, aurinkokeräin

---

## **BACHELOR'S THESIS**

Author:	Jan Wargén
Degree Programmer:	Building engineering Vasa
Specialization:	Hvac design
Supervisor:	John Dahlbacka

Title: *storage of solar energy*

---

Date: 19.05.2015

Number of pages: 38

Appendices: 2

---

### **Summary**

The sun is the Earth's largest energy source. It would be advantageous to utilize much more solar energy than is done in the current situation, because it is renewable and free. Even at our latitude sun radiation effect is so great that solar energy is an option worth investing in.

This engineering work is focused on an assessment of how many solar panels that would be optimal for a property with a long-term storage of solar energy. Through calculations, I will work out how much energy that can be stored in long-term inventory and how long this energy would last during winter.

The documentation is structured in such a way that it can be used for similar projects by others who are interested in studying this subject.

The result of this study will show that by using the energy in the long-term storage the coverage ratio of the energy required for floor heating of this facility will be increased from 25 to 42 percent.

---

Language: swedish

Key words: solar energy, solar collector

---

## Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Uppdragsgivare.....	1
1.2	Syfte och mål.....	1
1.3	Avgränsningar.....	1
2	Solen.....	1
3	Solenergi.....	3
3.1	Solenergiformer.....	4
3.2	Passiv solenergi.....	4
3.3	Aktiv solenergi.....	4
4	Aktivt solenergisystem.....	5
4.1	Solfångare.....	6
4.1.1	Plana solfångare.....	7
4.1.2	Vakuumrörsolfångare.....	8
4.1.3	Luftsolfångare.....	10
4.1.4	Poololfångare.....	10
4.2	Värmelager.....	11
4.3	Värmeväxlare.....	12
4.3.1	Kamflänsvärmeväxlare.....	12
4.3.2	Plattvärmeväxlare.....	12
4.4	Pumpenhet.....	13
4.5	Styrenhet.....	14
4.6	Transportrör.....	14
4.7	Värmebärarvätska.....	15
4.8	Övrig utrustning.....	15
5	Dimensionering av solvärmesystem för småhusfastighet.....	16
5.1	Fastigheten och dess uppvärmningssystem.....	16
5.1.1	Beräkning av energibehov för uppvärmning av fastigheter.....	18
5.2	Varmvatten.....	20
5.2.1	Beräkning av energibehovet för uppvärmning av tappvatten.....	20
5.3	Solfångare.....	21
5.3.1	Beräkning av energi från solfångare.....	22
5.4	Värmelagret.....	24
5.4.1	Långtidsvärmelagret.....	24
5.4.2	Kortidsvärmelagret.....	24

6	Beräkningar .....	27
6.1	Energibehov för golvvärmen .....	27
6.2	Energibehov för varmvatten .....	28
6.3	Energibehov för golvvärmen och varmvatten.....	29
6.4	Energi från solfångare.....	29
6.5	Solenergi till golvvärmen.....	31
6.6	Solenergi till varmvatten.....	32
6.7	Solenergi till golvvärmen och varmvatten.....	33
6.8	Solenergi till långtidsvärmelagret .....	33
7	Sammanfattning.....	36
8	Källförteckning.....	37

## **Bilagor**

Bilaga 1	Energicertifikat
Bilaga 2	Solar Keymark certifikat

# 1 Inledning

Detta examensarbete är en presentation av solenergi och hur man kan tillvarata den. Solenergin är en förnybar och kostnadsfri energiform. Problemet är att den levereras till våra breddgrader med olika intensitet under årets olika månader. Därför har jag i detta arbete gjort en utredning om hur solenergin, som tillvaratas under årets mest solrika månader, kan lagras i ett långtidslager och användas under vintern när solvärmesystemet inte levererar energi i samma utsträckning.

## 1.1 Uppdragsgivare

Uppdragsgivaren Ab Vörå Rör Oy är ett företag som har försäljning och montering inom området för värme, ventilation och sanitet (VVS).

## 1.2 Syfte och mål

Syftet med ingenjörsarbetet är att göra en utredning över den optimala mängd kvadratmeter solpanel som behövs för att under sommarmånaderna få lagrat solenergi i en tank med volymen 25 000 liter.

## 1.3 Avgränsningar

Solpanelerna har högre verkningsgrad om de får arbeta mot lägre temperaturer. Därför avgränsas utredningen till fastighetens uppvärmning av golvvärmen och under sommarmånaderna för uppvärmning av varmvatten.

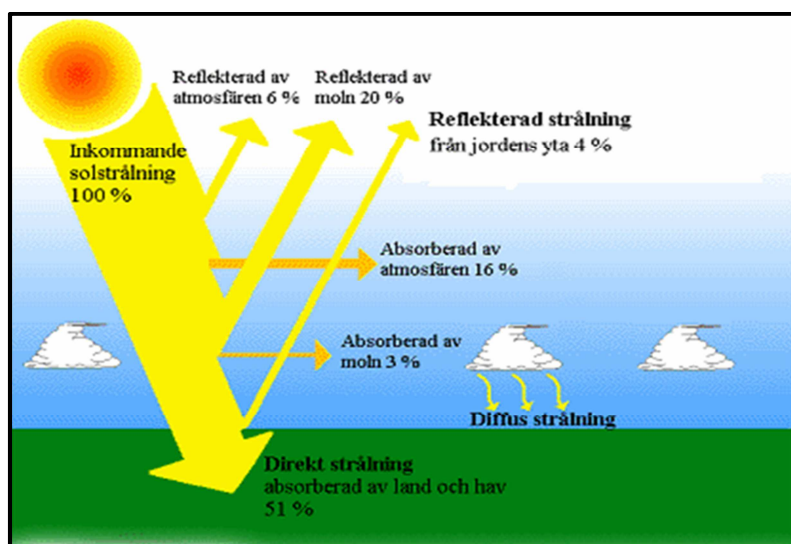
# 2 Solen

I vårt solsystem så är det solen som är vår största himlakropp. Den är ungefär fem miljarder år gammal och beräknas ha åtminstone lika lång livslängd till. Dess diameter är cirka 110 gånger större än jorden, och dess massa cirka 330 000 gånger jordens massa. Vilket innebär att dess volym är ungefär en miljon gånger större än jorden dvs. det får alltså plats en miljon jordklot innanför solens yta. Omkring 99 procent av solsystemets hela massa finns i solen och påverkar då genom sin stora gravitationskraft alla planeters rörelser i solsystemet. (Solen u.d.).

Solens utsända energi i form av strålning som når jorden är förutsättningen för allt biologiskt liv på jorden. Avståndet från solen till jorden är ungefär 150 miljoner kilometer och ljuset som solen alstrar når jorden efter dryga åtta minuter.

Solen är jordens största energikälla. Solen består av ungefär 73 % väte, 25 % helium och resten 2 % är andra grundämnen. Kärnans temperatur uppskattas till omkring 15 miljoner °C och yttemperaturen till 6000 °C. Energin som alstras av solen uppgår till  $385 \cdot 10^{26}$  watt. (Solen u.d.). Solens utstrålade ljus och värme är förutsättningen för allt liv på jorden.

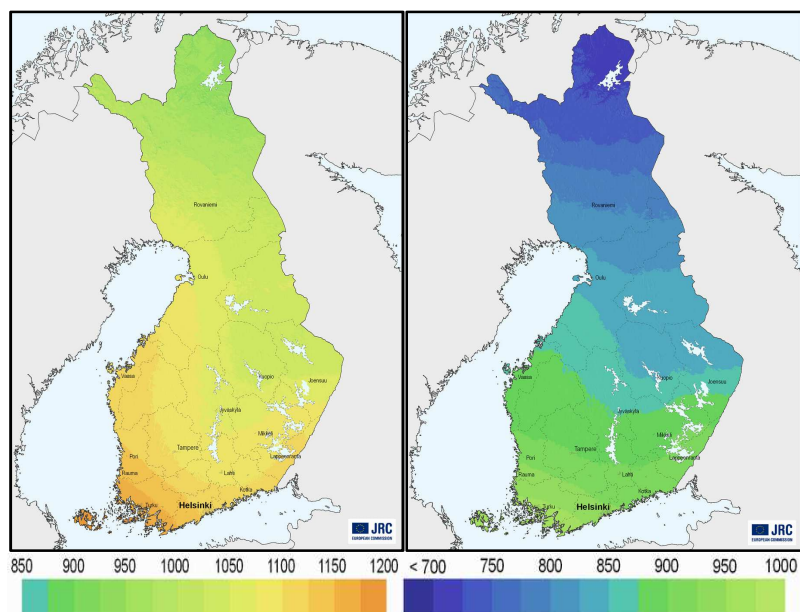
Totalt reflekteras 30 % av solens instrålade energi och 70 % absorberas av atmosfären, moln, land och hav enligt bild 1. Uppskattningar har gjorts som anger att den totala solenergi instrålningen till jorden är cirka 15 000 gånger större än vad som människan förbrukar i form av industriell verksamhet, uppvärmning och transporter (Vattenfall 2013).



Figur 1. Solstrålningens fördelning (Solportalen 2014).

Under året i Finland är solens strålning som starkast från maj till juli. Då ger solen en strålningsenergi mot horisontellt plan under en månads tid i medeltal 150–170 kWh/m<sup>2</sup> i Vasa (STRANG.SMHI 2015). I januari, februari, november och december är strålningsenergin under 30 kWh/m<sup>2</sup>. Den maximala solstrålningseffekten som når jordytan på våra breddgrader är i medeltal ungefär 1000 W/m<sup>2</sup> enligt figur 2 vilket innebär att på en timme tar varje kvadratmeter emot cirka 1 kWh solenergi.





**Figur 2. Optimerad instrålningsvinkel och horisontal instrålningsvinkel kWh/m<sup>2</sup> per år (European Commission 2012).**

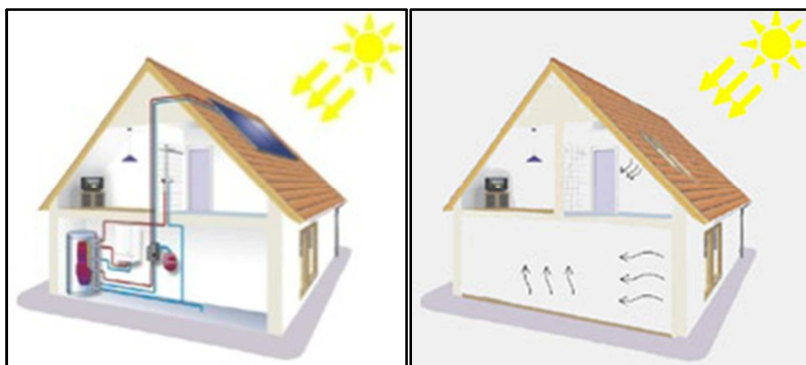
Solskenstiden mäts då den direkta solstrålningen är över 120 W/m<sup>2</sup> (SMHI 2014). Solskenstiden på våra breddgrader är i medeltal 1000 timmar per år och det resulterar att varje kvadratmeter kan ta emot 1000 kWh på ett år. För en jämförelse, i Sahara, som räknas som en av de solrikaste platserna i världen, varierar solinstrålningen mot ett horisontellt plan mellan 2300–3400 kWh/m<sup>2</sup> och år. Medelhavsområdet som också är ett solrikt område, tar årligen emot motsvarande 1400–1800 kWh/m<sup>2</sup> och år. (STRANG.SMHI 2015). Ett solvärmesystem kan ta tillvara ungefär 25–30 % av solinstrålningen (Lindström 2008, 3).

### 3 Solenergi

I och med att Finland ligger långt från ekvatorn inverkar det betydligt på mängden solenergi som kan tas tillvara. I Finland är det mycket mindre soltimmar än vid ekvatorn men ändå så pass mycket att det går att ta tillvara energin genom olika system. En viktig sak är också hur man placerar och vinklar den absorberande mottagaren mot solen så att man får ut den maximala effekten. Solenergin är så att säga gratis energi efter att man investerat i en anläggning för ändamålet. Solenergin är en form av förnybar energi. Förnybar energi kommer från en energikälla som hela tiden förnyar sig och därför inte kommer att ta slut inom den närmaste framtiden. Energi som räknas till förnybara energislag är sol, vatten, vind, bio och geotermisk energi (Förnybar energi u.d.).

### 3.1 Solenergiformer

Solenergi kommer som namnet säger från solen och kan utnyttjas antingen passivt eller aktivt enligt bild 3. Passiv solenergi betyder att man utan speciellt hjälpmedel tar tillvara solenergin som till exempel när solen lyser in genom ett fönster och på så vis värmer upp rummet till en viss del. (Seppänen 2001, 335). Aktiv solenergi betyder att man med olika anordningar tar tillvara solenergin, som till exempel vätskesolfångare på taket därifrån energin leds till ett värmelager.



Figur 3. Aktiv solenergi och passiv solenergi (Solportalen 2014).

### 3.2 Passiv solenergi

Den passiva solenergin bör man beakta i planeringsskedet då man bygger hus. Om man mot söder väljer att ha mera fönsteryta så kommer solens värmestrålning att hjälpa till att värma upp huset så fort de första soldagarna kommer efter den långa vintern. Att beakta om fönsterytan ökar så är det sämre U-värde på fönster än på yttervägg och värmebehovet kommer att öka en del under den tid som uppvärmningen behövs. Då måste man också tänka på att till sommaren när det är varmt och huset inte behöver så mycket energi till uppvärmningen så är det viktigt att utestänga solstrålarna med hjälp av till exempel markiser så att man inte blir tvungen att kyla huset. Energiförbrukningen ökar avsevärt om det blir nödvändigt att kyla ned huset på grund av för hög innertemperatur. (Seppänen 2001, 335, 336).

### 3.3 Aktiv solenergi

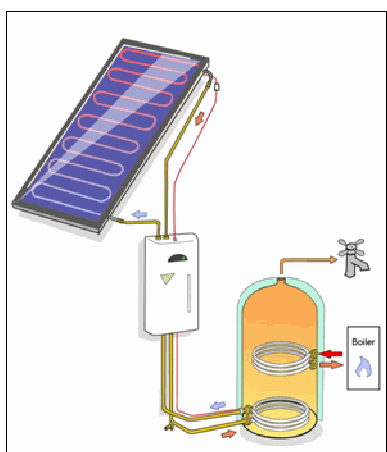
Med hjälp av olika former av hjälpmedel att överföra solenergin från solens värmestrålning till någon typ av ackumulerande enhet så kommer man in på begreppet aktiv solenergi. Under dagens lopp som solens värmestrålning är stor tar man tillvara energin och lagrar

den till senare användning. Energin kan då användas när solen inte lyser. Mängden lagrad energi inverkar på tiden som energin kan användas. (Seppänen 2001, 335).

## 4 Aktivt solenergisystem

Energin som solvärmesystemet tar tillvara på från solens strålar är begränsad till ett antal timmar under dygnet med stark strålning. Detsamma gäller även för solinstrålningen som är koncentrerad under sen vår till tidig höst. De viktigaste huvudkomponenterna i ett solvärmesystem är solfångare, värmelager, värmeväxlare, pump och styrenhet samt rör och värmebärarvätska. (Lindström 2008, 11).

Funktionen för ett solvärmesystem kan beskrivas på följande sätt. Solenergin som solpanelen tar emot överförs till den värmebärande vätskan, pumpas vidare och styrs av pump- och styrenheten till ackumulatortanken där värmen växlas genom en kopparrörsslinga. Figuren nedan visar en typisk inkoppling av ett solvärmesystem.



**Figur 4. Principskiss för solvärmesystem (Solportalen 2014).**

Dimensioneringen av solvärmesystemet är avgörande för energiutbytet. För optimalt utbyte ska energibehovet i fastigheten som systemet ersätter identifieras för att undvika överdimensionering av systemet. En överdimensionerad anläggning ger färre kWh per investerad euro. Vid dimensionering ska värmeförlusterna i värmelagret beaktas med tillräcklig noggrannhet och de förluster som uppstår i varmvattencirkulationssystemet, vilket kan uppskattas till 20 % av energibehovet för uppvärmningen av varmvatten på årsbasis. Normalt dimensioneras solvärmesystemet för att täcka 40–50 % av varmvattenbehovet i

ett flerfamiljshus. (SP u.d.). Nedan följer en beskrivning av de komponenter som ett solvärmesystem är uppbyggt av.

## 4.1 Solfångare

Det finns en mängd modeller av solfångare på marknaden med olika användningsområden. De olika alternativen som kan hittas på marknaden är plana, vakuumrör, luft- och pool solfångare.

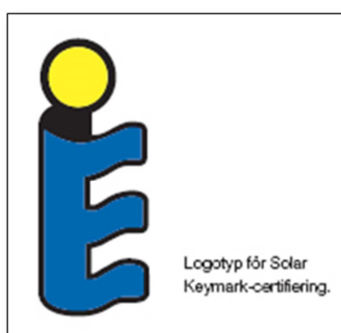
Utvecklingen går hela tiden framåt inom solfångarkonstruktionerna, man strävar till att få bättre verkningsgrad och förmånligare produkter. Verkningsgraden kan beskrivas som förhållandet mellan tillförd solenergi och energin som man får tillvaratagen för till exempel varmvattenproduktion i egnahemshus. Det finns flera faktorer såsom drifttemperatur, omgivningstemperatur och värmeförluster som påverkar verkningsgraden för solfångaren och antalet drifttimmar vilket är synnerligen viktigt. Med låg arbetstemperatur dvs. differensen mellan solfångarens temperatur och ute luftens temperatur, möjliggörs större antal drifttimmar och värmeförlusterna mot omgivningen minskar, vilket resulterar i ökad verkningsgrad.

Solfångarna ska placeras i söderläge för störst värmeutbyte men fördelaktiga resultat ges även i sydvästlig och sydostlig riktning. Solfångarna ska placeras närmast möjligt lagringstank och apparatrum för att minimera värmeförlusterna från stamledningar till och från solfångare. Detta minskar även materialförbrukningen och solvärmesystemet blir mer kostnadseffektivt. Vid placering av solfångare är det viktigt att undvika all form av skuggning. Skuggas solfångaren helt ger den ett mycket lågt värmeutbyte. Den ideala lutningen för en glasad solfångare i Finland är ca 45°– 60° vilket ökar utbytet med 15–20 % jämfört med solinstrålningen mot en horisontell yta. För att erhålla största möjliga energiutbyte från solfångarna skulle det bästa resultatet nås ifall lutningen justerades under årets månader för optimal vinkel mot solen. (Seppänen 2001, 343).

Vid val av solfångarmodul är det klokt att välja en enda större modul än flera mindre, kantförlusterna minskar då samtidigt som tillverkningskostnaden reduceras per kvadratmeter. Placering av solfångare på tak ska vara nära taknock där det är mindre snöbelastning och skuggningsrisk. Vid montering av solfångare antingen tak eller fristående montering ställs höga krav på infästningen för att den skall klara vindlast och övriga påfrestningar. Vid nybyggnation kan man välja den takintegrerade solfångaren som

är inbyggd i taket från start där solfångararean ersätter taktäckningsmaterialet. Mellan solfångare och taktäckningsmaterialet läggs en plåt som är estetisk tilltalande men är en nackdel då röranslutningar och givarenheter blir svåråtkomliga.

Vid val av solfångare lönar det sig att kontrollera om den är certifierad enligt Solar Keymark. Denna märkning säkerställer att produkten är tillverkad enligt gällande standarder för solfångare samt att den uppfyller testkriterierna. För att erhålla ett godkänt certifikat görs flera tester som solfångaren skall genomgå. Dessa är bl.a. stagnationstemperatur, termisk effekt och värmeförluster. För ytterligare information och listor över godkända produkter kan sidan [www.solarkeymark.org](http://www.solarkeymark.org) besökas.

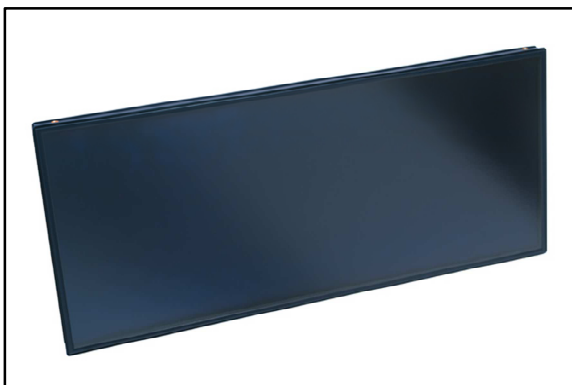


Figur 5. Logo för Solar Keymark certifiering (Energimyndigheten 2014).

#### 4.1.1 Plana solfångare

Plana solfångare är den typen som det finns mest monterade av därför att kostnaderna för den är lägre än de övriga alternativen. Konstruktionen är ganska enkel, själva stommen är en metallram och en botten inklädd med isolering. Ovanpå det ligger en hel absorbator plåt som är försedd med en rörslinga som vätskan cirkulerar genom och längst upp sitter en glasskiva. (Lindström 2008, 12).

Ett alternativ är att konstruera en plan solfångare själv. Kostnaderna för hemmabyggda paneler är ju betydligt lägre än för fabriksbyggda men då bör man ju också tänka på att de hembyggda har lägre verkningsgrad.



**Figur 6. Plan solfångare (Viessman u.d.).**

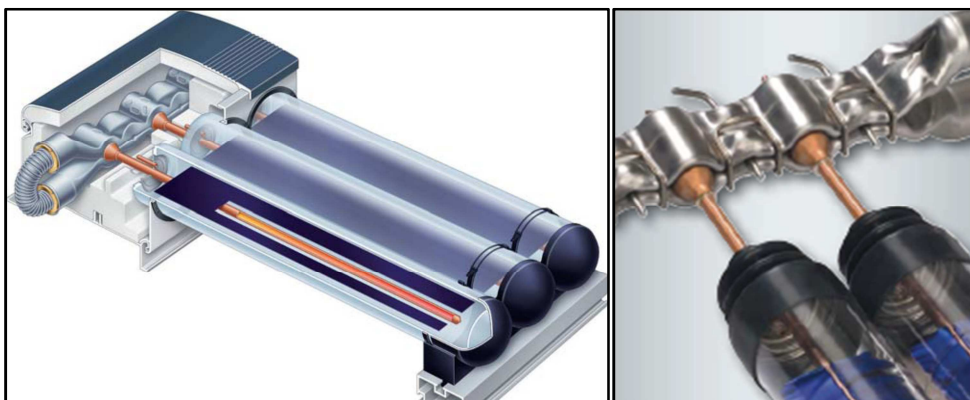
#### **4.1.2 Vakuumrörsolfångare**

Vakuumrörsolfångare består av ett antal vakuumrör som är uppbyggt av två rör inuti varandra med vakuum mellan dessa, man kan likna röret med en termosflaska. Det yttre röret är transparent och det inre röret fungerar som absorbatör där värmen plockas upp. Då finns det torr och våt värmeväxling för överföringen av värmen.



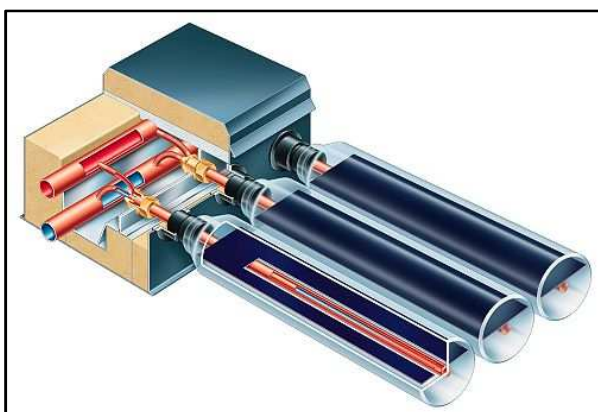
**Figur 7. Vakuumrör solfångare (Viessman u.d.)**

I torr värmeväxling också kallad Heat-pipe så har absorbatoren i vakuumröret en egen vätska som cirkulerar när den värms upp. Med andra ord den varma vätskan stiger uppåt och värmen överförs i sin tur genom en dubbelrörsvärmeväxlare till solvärmekretsen och när vätskan kylts sjunker den ner igen. För att cirkulationen skall fungera behövs en 15 graders lutning på solfångaren. En stor fördel med detta system är att det går att byta ut ett söndrigt vakuumrör utan att tömma solvärmesystemet.



**Figur 8. Funktionsprincip på torr värmeväxling (Viessman u.d.)**

I den våta värmeväxlingen också kallad U-pipe är det samma vätska som i solkretsen som leds genom ett kopparrör i absorbatoren där värmeöverföringen sker. Nackdelen är då att om ett rör går sönder så blir det genast ett större ingrepp för att få felet åtgärdat.

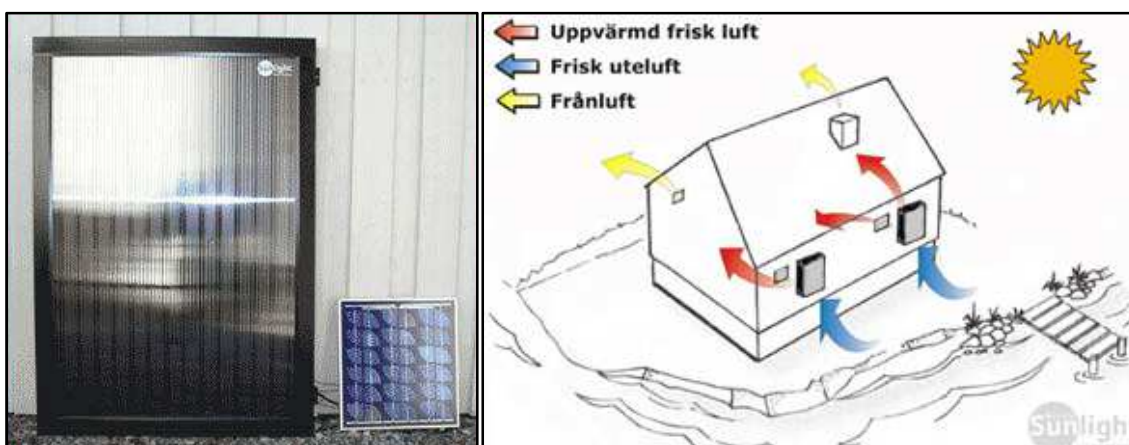


**Figur 9. Funktionsprincip på våt värmeväxling (Viessman u.d.)**



### 4.1.3 Luftsolångare

På marknaden hittar man också luftsolångare som fungerar med principen att solen värmer upp uteluft som sedan blåses in i huset. Det systemet är nog bäst passande till sommarstugor, bilgarage och olika typer av källare som man vill få ett litet värmetillskott i och samtidigt blir det lite luftombyte. Med luftsolångare finns det ingen möjlighet att få solenergin lagrad.



Figur 10. Luftsolångare och funktionsprincip (Artic Sunlight Innovation u.d.).

### 4.1.4 Poolsolångare

Poolsolångare kan placeras både på taket, direkt eller på en ställning på marken beroende på vad som passar bäst. Poolsolångarsystem ansluts till poolens cirkulationssystem med rör. Vattnet från poolen cirkulerar genom poolsolångarsystemet och värms upp och på så sätt ökar också temperaturen i poolen. Poolsolångare är ofta oglasade och oisolerade av den orsaken att de används för lågtempererade system. Konstruktionen är väldigt enkel och en stor del är byggda av syntetiskt UV-beständigt material som har lång livslängd. Poolsolångare passar utmärkt till uppvärmning av badtunnor och simbassänger.



Figur 11. Poolsolångare (Solportalen 2014).



## 4.2 Värmelager

Tanken, eller värmelagret, lagrar den värme som kommer från solfångaren. En rätt dimensionerad tank gör att man får ut det mesta av ens solvärmesystem. För att få ett optimalt utbyte av solvärmen i tanken är det viktigt att temperaturskiktningen är bra. Vid en bra temperaturskiktning så är det låg temperatur i botten och högre temperatur i toppen. Solvärmen fungerar bäst när den arbetar mot kallare temperatur. Stående tankmodell underlättar temperaturskiktningen, kallare vatten är tyngre och sjunker ned medan varmare vatten stiger uppåt. Desto högre tanken är desto bättre temperaturskiktning.



**Figur 12. Kombitank (Kardonar u.d.).**

Solvärmen kan lagras i olika typer av tankar. Om energin endast används till varmvatten så används en varmvattenberedare. En ackumulatortank fungerar däremot som en kombitank där det är möjligt att utöver varmvattenproduktion också ta ut energi till värmesystemet.

Tanken skall vara bra isolerad för att värmeförlusterna ska minimeras. En bra lösning är också att ha dubbla värmeväxlare för varmvattenproduktionen. Ena slingan är monterad i tankens nedre del och förvärmer det inkommande vattnet och kyler då ner tankens nedre del. Den andra slingan är monterad i tankens övre del där det är högre temperatur och slutvärmer varmvattnet till användningstemperaturen. På detta sätt blir det ett effektivt värmeutbyte.

Dimensioneringen av tanken beror på användningsändamålet för solvärmesystemet. Används solvärmesystemet endast för varmvattenproduktion behöver inte tanken vara så

stor. Varmvattenbehovet beräknas till ungefär 50 liter per dygn och person och tankens volym skall vara 2–3 gånger större. Om energin också skall användas för att täcka en del av värmebehovet blir det betydligt större volymer. (Lindström 2008, 10)

### 4.3 Värmeväxlare

I en värmeväxlare överförs värmen från solkretsens vätska till värmelagret utan att vätskorna blandas. Det som avgör värmeväxlarens typ och storlek är anläggningens storlek, tankens volym och flödet i solkretsen. De mest använda typerna av värmeväxlare i ett solvärmesystem är kamflänsvärmeväxlare och plattvärmeväxlare.

#### 4.3.1 Kamflänsvärmeväxlare

Den är konstruerad av ett spirallindat kopparrör med utstående flänsar. De utstående flänsarna är placerade tätt intill varandra och värmeöverföringen sker när vattnet cirkulerar mellan dessa. Flänsarna bidrar också med att få tillräckligt med överföringsyta. En mera vanlig benämning för kamflänsvärmeväxlare är helt enkelt kopparslinga. Dessa används oftast i mindre och medelstora solvärmeanläggningar och installeras direkt i tankens nedre del. En tumregel är att kamflänsvärmeväxlaren skall ha en area som motsvarar ungefär 30 % av solfångarytan (Lindström 2008, 21).

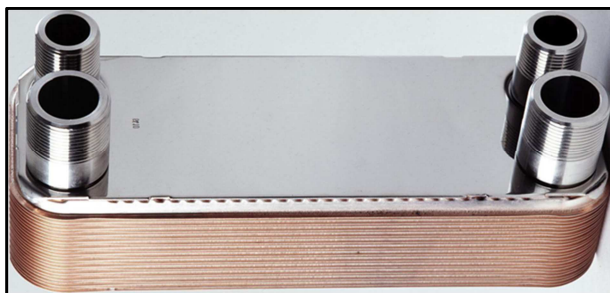


Figur 13. Kamflänsvärmeväxlare (Termocal u.d.).

#### 4.3.2 Plattvärmeväxlare

Plattvärmeväxlaren är konstruerad som namnet säger av plattor monterade intill varandra och på ena sidan cirkulerar solvärmevätskan och på andra sidan tankens vätska. På så sätt sker värmeöverföringen utan att vätskorna blandas. Växlaren kopplas med så kallad motströmskoppling, d.v.s. vätskorna strömmar mot varandra på varsin sida om plattan och

på så vis blir det bättre verkningsgrad. Värmeöverföringen i en plattvärmeväxlare är effektivare än i en kammarflänsväxlare, vilket betyder att det behövs mindre värmeöverföringsyta. Värmeöverföringsytan i en motströms plattvärmeväxlare räknas att behöva vara mellan 4–6 % per 1 m<sup>2</sup> solfångare (Lindström 2008, 21). Vid installationen av plattvärmeväxlare behövs förutom solvärmesidans cirkulationspump också en cirkulationspump mellan växlaren och tanken. Plattvärmeväxlarna är oftast tillverkade i rostfritt stål.



**Figur 14. Plattvärmeväxlare (Solra u.d.).**

#### 4.4 Pumpenhet

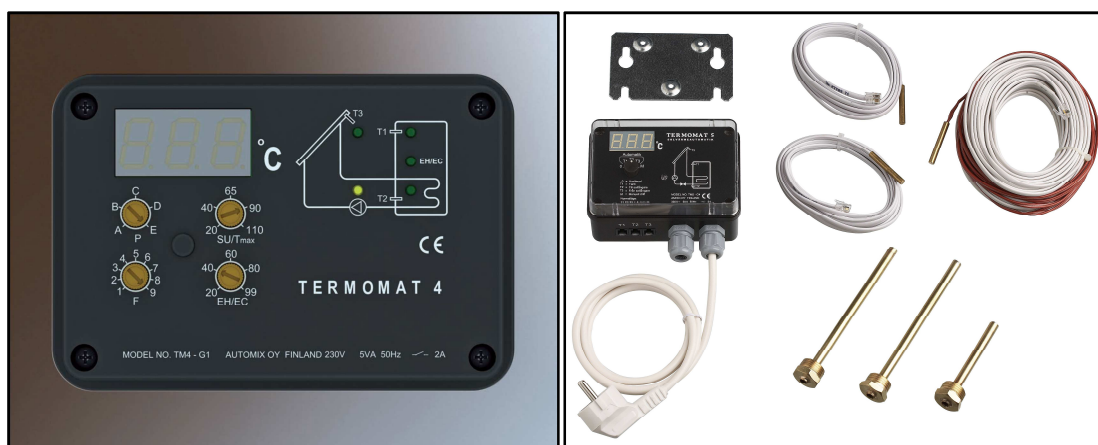
Pumpens uppgift är att cirkulera runt vätskan från solfångare till värmelagret. Pumpen installeras efter värmeväxlaren på den kallare sidan av kretsen. Genom denna placering ökas livslängden på pumpen och det är också ett bättre monteringsätt att låta pumpen arbeta med vätskan uppåt än nedåt. Ifall det finns någon luftbubbla i systemet passerar den pumpen lättare på detta vis. Med tanke på service och underhåll bör det sitta avstängningsventiler på båda sidor om pumpen.



**Figur 15. Cirkulationspump (Wilo u.d.).**

## 4.5 Styrenhet

Styrningen av solvärmesystemet sker via en elektronisk automatik som startar cirkulationspumpen när solfångarens temperatur överstiger temperaturen i tanken. Två temperaturgivare, en som placeras i solfångaren och en som placeras i tanken lite ovanför returröret till solfångaren. Vanligtvis krävs det en differens temperatur på fem grader mellan solfångaren och tanken för att pumpen skall starta och en temperaturdifferens på två grader för att den skall stanna (Lindström 2008, 15). På detta sätt försäkras man sig om att värmeöverföringen sker utan nedkylande effekt.



Figur 16. Styrenheter med tillhörande givarkablar och dykarrör (Vexve u.d.).

## 4.6 Transportrör

Den uppvärmda solfångarvätskan transporteras genom rörledningar från solfångaren till värmeväxlaren och sedan tillbaka till solfångaren. Som transportrör används kopparrör eller solkulvert. Kopparröret håller bra för stora temperaturförändringar. Temperaturen kan röra sig mellan  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  på vintern och upp till  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$  den hetaste sommardagen. Vid användning av hårda kopparrör och skilda isoleringselement bör noggrannhet beaktas vid isoleringen av rören. Med bra isolerade rör blir värmeförlusterna mindre. Det finns speciellt framtagna solkulverter för ändamålet som är färdigt isolerade och innehåller elkabel för temperaturgivaren. Solkulverter är isolerade flexibla rostfria rör som levereras ihoprullade och kan därmed rullas ut och monteras från solpanelen ända till värmeväxlaren utan skarvningar.



**Figur 17. Solkulvert (Solenergiteknik u.d.).**

## 4.7 Värmebärarvätska

Vätskan används i transportledningarna mellan solpanel och värmeväxlare. Vanligtvis används en propylen-glykolblandning Tyfocor LS. Det är viktigt att rätt vätska används för systemet som tål de kraftiga temperaturskillnaderna, från vinterns kallaste tidpunkt till sommarens värmebölja. Värmebärarvätskan bör kontrolleras med några års mellanrum så att den fortfarande klarar av vinterns köld.



**Figur 18. Värmebärarvätska (Tyfo u.d.).**

## 4.8 Övrig utrustning

I systemet behövs också ett expansionskärl som vätskan kan expandera till vid en temperaturökning. Säkerhetsventilen är en annan säkerhetsdetalj som öppnar och släpper ut vätska ifall trycket blir för högt. Utrustningen är nödvändig för att inte skador skall uppstå i systemet, som till exempel att trycket blir för högt och rören går sönder. En tryckmätare är en liten detalj men skvallrar fort om det uppstår något fel i systemet. Konstateras att trycket

plötsligt är noll är det orsak att kontrollera hela systemet för att lokalisera vart vätskan tagit vägen. Normalt tryck i systemet är cirka en bar.

## 5 Dimensionering av solvärmesystem för småhusfastighet

I följande kapitel beskrivs olika delars konstruktion, teknisk data och formler som är grunden till detta arbete.

### 5.1 Fastigheten och dess uppvärmningssystem

Fastigheten finns i Vörå-Maxmo kommun. Huset är under byggnad och tidpunkten för färdigställande är beräknad under sommaren 2015. Huset är ett tvåplanshus, modell Lakka Kivitalo, med en uppvärmd nettoyta på 284 m<sup>2</sup>.

Inför bygglovsansökan så har Ingenjörbyrå Budd gjort ett energiintyg vilket det kommer att användas uppgifter från för vissa uträkningar. Energiintyget finns bifogat som bilaga 1. Husets E-tal har beräknats till 126, vilket ger energiklass C som är inom normerna enligt Finlands byggbestämmelsesamling. Energiklassernas indelning för den här storleken av hus är A under 78, B 79–120, C 121–154, D 155–234, E 235–364, F 365–434 och G 435 uppåt och gränsen för godkännande för detta hus är E-talet 154 inom energiklass.

Enligt Finlands byggbestämmelsesamlings paragrafer nedan beräknas nya byggnaders E-tal.

#### D3 2.1.1

”Förbrukningen av köpt energi i byggnaden ska beräknas utgående från den information om väderförhållanden, inomhusklimat, användningstider för byggnaden, driftstider för systemen och utgångsvärden för inre värmelaster (*standardanvändning av byggnadstyp*) som presenteras i dessa föreskrifter. Övrig information som behövs för energiberäkningar hämtas ur byggnadens projekteringsdokument.”

#### D3 2.1.2

”Den totala energiförbrukningen (*E-tal*) ska beräknas för byggnaden. E-talet är den beräknade årliga förbrukningen av köpt energi per uppvärmd nettoarea vid standardanvändning av byggnadstypen, viktad med energiformsfaktorer. E-talet är summan av produkterna av köpt energi och energiformsfaktorer per energiform.”

## D3 2.1.3

”Energiformsfaktorerna är följande:

– el	1,7
– fjärrvärme	0,7
– fjärrkyla	0,4
– fossila bränslen	1,0
– förnybara bränslen som används i byggnaden	0,5

### **Förklaring**

*Då man beräknar E-talet räknas inte förnybar egenproducerad energi som köpt energi utan den dras av från förbrukningen av köpt energi. Energiformsfaktorer används endast för köpt energi.”*

## D3 2.1.4

”E-talet för en ny byggnad får inte överstiga följande värden:”

Endast delen för småhus är medtagen;

Kategori 1	småhus	Uppvärmd nettoarea, $A_{\text{netto}}$	kWh/m <sup>2</sup> per år
		$A_{\text{netto}} < 120 \text{ m}^2$	204
		$120 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 150 \text{ m}^2$	$372 - 1,4 \cdot A_{\text{netto}}$
		$151 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 600 \text{ m}^2$	$173 - 0,07 \cdot A_{\text{netto}}$

I huset finns en frånluftsvärmepump Nibe 750 som skall förse ventilationsbatteriet Nibe Sam 40 med värme för uppvärmning av inkommande uteluft till bostadens ventilation och producera varmvatten under vintern, delvis vår och höst när ingen energi fås från solvärmesystemet. Frånluftsvärmepumpen kan också förse husets golvvärmeanläggning med värme men tanken är att golvärmen får sin värme till största del från solvärmesystemet och långtidslagret så långt det är möjligt. I huset finns också en vattenburen braskamin som är dockad till korttidslagret.

### 5.1.1 Beräkning av energibehov för uppvärmning av fastigheter

Energibehovet för uppvärmning av utrymmen beräknas med hjälp av nedstående formel från D5 2012, sid 16. (Miljömimisteriet 2015)

$$Q_{tila} = Q_{joh} + Q_{vuotoilma} + Q_{iv, tuloilma} + Q_{iv, korvausilma} \quad (1)$$

$Q_{tila}$  = energibehov för uppvärmning av utrymmen [kWh]

$Q_{joh}$  = ledningsförluster genom byggnadsmanteln [kWh]

$Q_{vuotoilma}$  = energibehov för uppvärmning av läckluft [kWh]

$Q_{iv, tuloilma}$  = energibehov för uppvärmning av tilluft inne i byggnaden [kWh]

$Q_{iv, korvausilma}$  = energibehov för uppvärmning av ersättande luft [kWh]

Nettoenergiebehovet för uppvärmning av utrymmen i en byggnad beräknas med hjälp av nedstående formel från D5 2012, sid 16.

$$Q_{lämmitys, tilat, netto} = Q_{tila} - Q_{sis. lämpö} \quad (2)$$

$Q_{lämmitys, tilat, netto}$  = nettoenergiebehov för uppvärmning av utrymmen [kWh]

$Q_{tila}$  = energibehov för uppvärmning av utrymmen [kWh]

$Q_{sis. lämpö}$  = värmelaster som tillgodogörs för uppvärmning [kWh]

När hela årets nettoenergiebehov för uppvärmning av utrymmen i en byggnad kan med hjälp av graddagstalet i tabell 1 från D5 2012 sid 30 användas för att få fram energibehovet per månad.

Graddagstalet räknas genom att för varje månad addera ihop den dagliga skillnaden mellan inne- och utetemperatur. I allmänhet antas innetemperaturen vara +17 °C och som utetemperatur används dygnsmedeltalet. Graddagstalet för en månad är summan av graddagstalen för varje dygn och talet för ett år är summan av talen för var månad.

Vid beräkning av graddagstalet beaktas inte dagar vars medeltemperatur på våren är över +10 °C och på hösten över +12 °C. Vid beräkningen antas således att uppvärmningen av fastigheterna avslutas respektive påbörjas då utetemperaturen stiger över respektive



sjunker under nämnda gränser. Då temperaturobservationer saknas interpoleras dygnsmedeltemperaturerna. (Meteorologiska institutet 2015).

**Tabell 1. Månatliga väderuppgifter för klimatzonerna I och II. Helsingfors-Vanda.**

Månad	Utetemperatur i medeltal, $T_u$ , °C	Solens totala strålningsenergi mot horisontellt plan, $G_{säteily}$ , vaakapinta, kWh/m <sup>2</sup>	Graddagstal som används vid normering, $S_{17}$ , Kd
Januari	-3,97	6,2	650
Februari	-4,50	22,4	602
Mars	-2,58	64,3	607
April	4,50	119,9	354
Maj	10,76	165,5	117
Juni	14,23	168,6	9
Juli	17,30	180,9	0
Augusti	16,05	126,7	31
September	10,53	82,0	161
Oktober	6,20	26,2	331
November	0,50	8,1	495
December	-2,19	4,4	595
Hela året	5,57	975	3952

Månadsvis nettoppvarmningsbehov för golvvärmen kan beräknas enligt nedstående formel.

$$Q_{månad} = (Q_{lämmitys, tilat, netto} - Q_{iv, tuloilma}) / S_{Igraddagstal, året} \cdot S_{2graddagstal, månad} \quad (3)$$

$$Q_{månad} = \text{nettoenergibehov per månad [kWh]}$$

$$Q_{lämmitys, tilat, netto} = \text{nettoenergibehov för uppvärmning av utrymmen [kWh]}$$

$$Q_{iv, tuloilma} = \text{energibehov för uppvärmning av tilluft inne i byggnaden [kWh]}$$

$$S_{Igraddagstal, året} = \text{graddagstal totala året}$$

$$S_{2graddagstal, månad} = \text{graddagstal månadsvis}$$

## 5.2 Varmvatten

Varmvatten kommer sommartid att produceras av solvärmesystemet. Annars tas det från frånluftsvärmepumpen. Varmvattnet fås genom en kopparspiral i kortidsvärmelagret. Legionellabakterier finns naturligt i sjöar, vattendrag och grundvatten, som alla kan utgöra råvatten till produktion av dricksvatten. Bakterien förökar sig om temperaturen och näringstillgången är gynnsam. Tillväxten är som störst runt 40 °C, över 50 °C minskar den och vid 70 °C dör legionellabakterierna inom en minut. Rekommenderade temperaturen på varmvatten är kring 55 °C för att förhindra risken för tillväxt av bakterierna. Bakterien överförs till människan via aerosoler, d.v.s. små vattendroppar som vid inandning följer med ner i lungorna. Risken är störst i duschar som inte är i dagligt bruk. Legionärssjukan yttrar sig som lunginflammation med oftast hög feber, muskel- och huvudvärk. Risker för tillväxt av legionellabakterier ska beaktas vid planering och vid användning av tappvattensystem. (Warfvinge och Dahlblom 2010, 5:4)

### 5.2.1 Beräkning av energibehovet för uppvärmning av tappvatten

Nettoenergibehovet för uppvärmning av tappvatten beräknas med hjälp av nedstående formel från D5 2012, sid 26.

$$Q_{lkv, netto} = \rho_v c_{pv} V_{lkv} (T_{lkv} - T_{kv}) / 3600 - Q_{lkv, LTO} \quad (4)$$

$Q_{lkv, netto}$  = nettoenergibehov för uppvärmning av tappvatten [kWh]

$\rho_v$  = vattnets densitet, 1000 kg/m<sup>3</sup>

$c_{pv}$  = vattnets specifika värmekapacitet, 4,2 kJ/(kg K)

$V_{lkv}$  = förbrukning av varmvatten [m<sup>3</sup>]

$T_{lkv}$  = temperatur för varmvatten [°C]

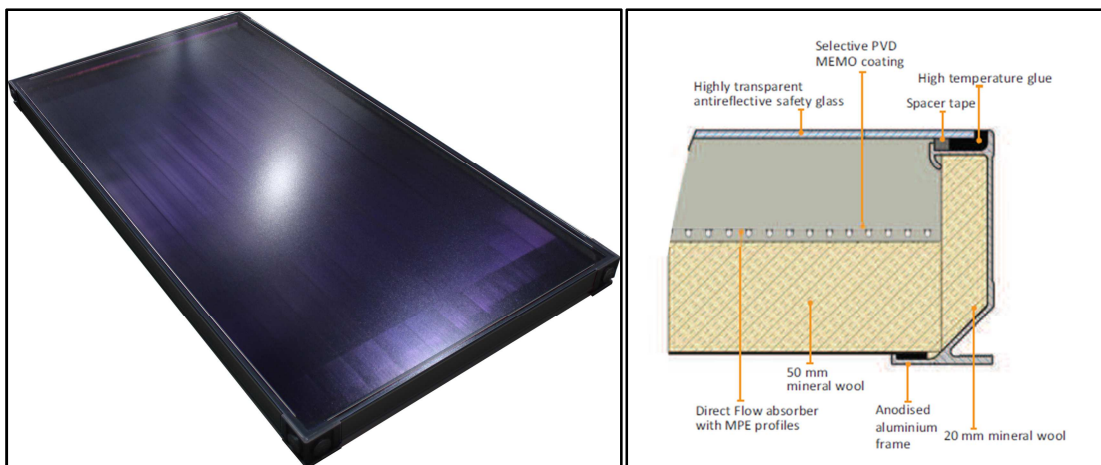
$T_{kv}$  = temperatur för kallt tappvatten [°C]

3600 = koefficient med hjälp av vilken resultatet omvandlas till kilowattimmar [s/h]

$Q_{lkv, LTO}$  = energi som tas till vara genom värmeåtervinning av avloppsvattnet och utnyttjas för uppvärmning av tappvatten [kWh]

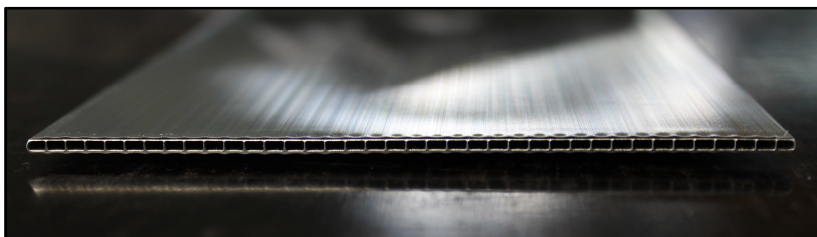
### 5.3 Solfångare

I beräkningarna används en plan solfångarmodell Savo 200, SF100-03-DS. Tillverkningen av solfångaren sker i Finland av företaget Savosolar Oy i Mikkeli. (Savo Solar 2015).



**Figur 19. Savo 200 solfångare (Savo Solar 2015).**

En plan solfångare är uppbyggd av en antal lager. Underst ligger en baksidesplåt och därefter följer isolering, diffusionsspärr, absorbator och till sist täckglas. En ram sitter utanpå för att minimera värmeförlusterna. Temperaturen i en plan solfångare kan bli tillräckligt hög för att smälta vissa skumgummiisoleringar och därför är det glasullsisolering som används i de flesta solfångarmodeller.



**Figur 20. Absorbator av aluminium (Savo Solar 2015).**

Absorbatorn består vanligtvis av koppar eller aluminium som har hög termisk konduktivitet. Det innebär att värmeledningsförmågan genom materialet är mycket god för effektiv värmning av det genomströmmande mediet. Ytan på absorbatorn ska ha låg emittans av värmestrålning och hög absorptionsförmåga av solinstrålning. Emittansen är den energimängd som sänds ut från ett objekt per tids- och areaenhet. I absorbatorytan löper ett antal rörslingor där värmemediet värms upp.

Täckglaset ska ha hög transmittansförmåga och låg reflektion av solens strålar för att ta tillvara maximalt med energi. Transmittans beskriver förhållandet mellan infallande och genomsläppt strålningsintensitet. Glas har den fördelen att det transmitterar runt 90 % av inkommande solinstrålning och emitterar endast en liten del av den långvågiga värmestrålningen från solfångaren. Antireflexbehandlade (AR) glas ökar solfångarnas prestanda.

Det är viktigt vid installationen att lutningen och azimut vinkeln blir rätt för att maximera den plana solfångarens årliga energiutbyte. Solens azimutvinkel beskriver solinstrålningens läge i horisontellt led där  $0^\circ$  är rakt i söder (Seppänen 2001, 43). Plan solfångare är att föredra i regioner med mycket nederbörd vintertid då de har lätt att smälta av snölager och frost. En plan solfångare kan nyttiggöra både direkt och diffus solstrålning. Det är enbart diffus solinstrålning när himlen är helt molntäckt.

Det är en komplicerad process att beräkna årsutbytet från en solfångare eftersom det finns en mängd parametrar som påverkar resultatet.

### 5.3.1 Beräkning av energi från solfångare

Uppvärmning med hjälp av solfångare beräknas med hjälp av följande formler från D5 2012, sid 49, och sid 69–70 samt tabell 3 från sidan 70. Andra uppgifter som också används är från SMHI Strång enligt tabell 2 och uppgifter från Solar Keymark certifikat för Savo Solar solfångare SF 100-03 DS. Certifikatet finns bifogat som bilaga 2.

**Tabell 2. Månatlig strålningsenergi för Vasa år 2014 enligt uppgifter från SMHI Strång.**

Månad	Solens totala strålningsenergi mot horisontellt plan, $G_{s\text{äteily, vaakapinta}}$ , kWh/m <sup>2</sup>
Januari	5,1
Februari	9,6
Mars	58,0
April	106,2
Maj	146,9
Juni	158,0
Juli	172,8
Augusti	104,4
September	69,4
Oktober	20,6
November	5,5
December	2,0
Hela året	858,5

**Tabell 3. Koefficient för vädersträck och lutning.**

Väderstreck	F1	Lutning (vinkel)	F2
söder/sydost/sydväst	1	< 30°	1
öster/väster	0,8	30°–70°	1,2
norr/nordost/nordväst	0,6	> 70°	1

$$Q_{aurinko} = q_{aurinkokeräin} \cdot A_{aurinkokeräin} \cdot k_{aurinkokeräin} \cdot G_{säteily, vaakapinta} \quad (5)$$

$Q_{aurinko}$  = energi från solfångare [kWh/a]

$q_{aurinkokeräin}$  = energi från solfångare per kvadratmeter solfångaryta [kWh]

$A_{aurinkokeräin}$  = solfångarens yta [m<sup>2</sup>]

$k_{aurinkokeräin}$  = koefficient som beaktar hur solfångaren är riktad

$G_{säteily, vaakapinta}$  = Solens totala strålningsenergi mot horisontellt plan [kWh/m<sup>2</sup>]

$$q_{aurinkokeräin} = I \cdot \eta_0 - a_1(\Delta t) - a_2(\Delta t)^2 \quad (6)$$

$I$  = solinstrålningseffekt 1000 [W/m<sup>2</sup>]

$\eta_0$  = optiska effektiviteten 0,9

$a_1$  = solfångarens linjära värmeförlustkoefficient 3,6 [W/m<sup>2</sup> °C]

$a_2$  = solfångarens kvadratiske värmeförlustkoefficient 0,016 [W/m<sup>2</sup> °C<sup>2</sup>]

$\Delta T$  = temperaturdifferens mellan solfångaren och ute luftens temperatur [°C]

$$k_{aurinkokeräin} = F_1 \cdot F_2 \quad (7)$$

$F_1$  = korrigeringskoefficient för väderstreck

$F_2$ =korrigeringskoefficient för lutning (vinkel)

## 5.4 Värmelagret

Värmelagret är uppdelat i två system. Ett större långtidslager i vilket överskottsenergin lagras som kommer från solvärmesystemet under sommarmånaderna för att sedan användas när solenergin minskar fram på senhösten. Ett mindre korttidslager fungerar som tekniktank d.v.s. dit kommer energi in från de olika systemen och energin används därifrån för uppvärmningen av huset och till varmvatten.

### 5.4.1 Långtidsvärmelagret

Det tilltänkta långtidsvärmelagret är en begagnad cylindrisk tjockoljetank som modifierats. Tankens volym är ungefär 25 000 liter. Eftersom tanken har en höjd på två meter och en längd på ungefär åtta meter så är skiktningen av värmelagren inte det bästa tänkbara om rören ansluts direkt till tankens ena ände. Därför skall det monterats två fördelningsrör inne i tanken som skall fördela det cirkulerande vattnet utmed hela tanken. Fördelningsrören svetsas in i tankens ena ände och sträcker sig ända till andra ändan, det ena röret en bit från toppen av tanken och det andra en bit från botten. Fördelningsröret är ett rör med sluten ända inuti tanken och längs hela röret finns det mindre hål som vatten kan komma igenom. På detta vis kommer det inkommande varma vattnet att fördelas jämt över hela tanken och det svalare utgående vattnet transporteras bort från tankens hela längd.

Den befintliga isoleringen runt tanken är inte av den bästa kvaliteten. I beräkningsskedet beräknas att ungefär femtio centimeter lösull kommer att sprutas runt tanken för att motverka värmeförlusterna. Enligt RT kort 38504 har Ekovilla SE ett värmeledningsvärde på 0,040 W/m °C.

### 5.4.2 Korttidsvärmelagret

Korttidsvärmelagret är en tank på 750 liter av modell Termax Aqua Geo. Tanken har tre LK 35 kopparslingor dvs. en genomströmning kapacitet på 35 liter per minut. Slingorna är placerade enligt följande, en i övre delen av tanken som används för varmvatten, en i mitten som används för golvvärmesystemet innehållande glykolblandning och en i tankens nedre del som används för solvärmesystemet.

### 5.4.2.1 Beräkning av värmelagrets värmekapacitet

Energi innehållet som kan lagras i vatten beräknas med hjälp av nedstående formel från Momentti 1 (Inkinen och Tuohi 2009, 380,381).

$$Q=m \cdot c \cdot \Delta t / 3600 \quad (8)$$

$Q$ =Energi[kWh]

$m$ =massa [kg]

$c$ =specifik värmekapacitet 4,2 [J/(kg K)]

$\Delta T$ =temperaturdifferens [°C]

3600 =koefficient med hjälp av vilken resultatet omvandlas till

kilowattimmar [s/h]

### 5.4.2.2 Beräkning av värmelagrets värmeförluster

Tanken har värmeförluster så fort tanktemperaturen överstiger den temperatur i rummet där tanken är placerad. Värmeförlusterna från tanken kan inte räknas som tillvaratagen förlust till själva huset i och med att den är placerad i ett skilt utrymme bredvid huset. Är temperaturskillnaden liten så är även värmeförlusterna små. Desto högre temperaturen blir i tanken så ökar också förlusterna i från den. Värmeförlusterna från värmelagret beräknas enligt nedstående formel.

$$Q=\lambda/\delta \cdot A \cdot (t_1-t_2) \cdot h \quad (9)$$

$Q$ = Energi[kWh]

$\lambda$ =värmeledningsförmåga [W/m C°]

$\delta$ =isoleringens tjocklek [m]

$A$ =den yta genom vilken värmeflödet passerar [m²]

$T_1$ =tankens temperatur [°C]

$T_2$ =omgivningens temperatur [°C]

$h$ = tid

$$A=2\cdot\pi\cdot r\cdot h+2\cdot\pi\cdot r^2 \quad (10)$$

$A$ = den yta genom vilken värmeflödet passerar [ $\text{m}^2$ ]

$\pi$ =pi

$r$ =tankens radie [m]

$h$ =tankens längd [m]

Värmeförlusterna kommer att ske under den tidsperiod från att solsystemet börjar leverera värme till tanken och tankens temperatur börjar stiga över temperaturen i utrymmet där tanken finns och fortsätta ända tills tanken blivit urladdad på värme. Det kan komma en period när tanken är tom på energi och solsystemet inte har kapacitet att ladda den, vilket innebär att värmeförlusterna också upphör.

### 5.4.2.3 Övriga förluster

Största delen av kopplingsledningarna kommer att monteras i utrymmen där förlusterna kan tas tillvara för husets uppvärmning. En del ledningar finns runt solpanelerna på utsidan av huset och en del i tankrummet som kommer att vara direkta förluster. Värmeförlusterna från dessa ledningar beräknas enligt tabell 4.49 på sid 4:53 i studentlitteraturen Projektering av vvs-installationer. (Warfvinge och Dahlblom 2010). Enligt tabellen blir värmeförlusterna 5 W/m med rördiameter 25mm, isoleringstjocklek 40mm och temperaturdifferens på ett medeltal av 35 °C. Uppskattad längd på ledningarna uppgår till 30 m. Värmeförlusterna för kopplingsledningarna beräknas enligt nedstående formel.

$$Q=l\cdot k_l \quad (11)$$

$Q$ = Energi[kWh]

$l$ =längd [m]

$k_l$ =koefficient för värmeförlusterna [W/m]

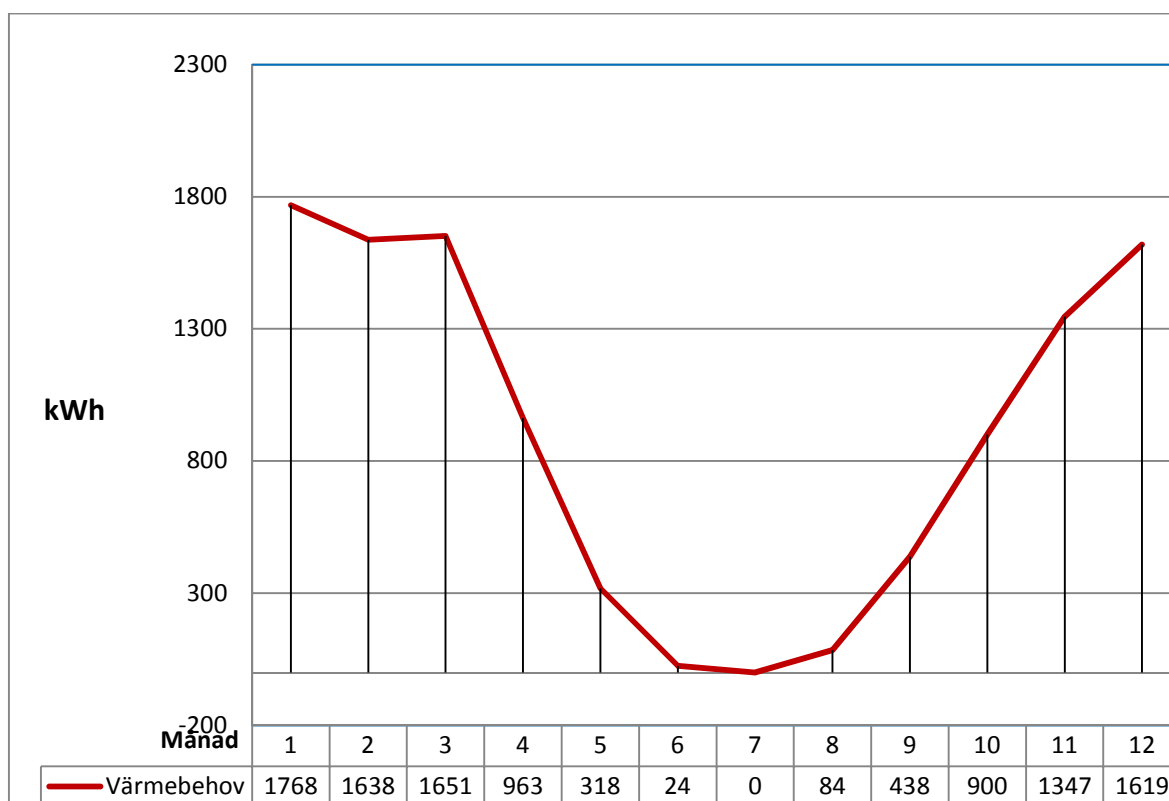


## 6 Beräkningar

Beräkningarna kommer jag att göra med hjälp av formlerna och tabellerna som redogjorts för tidigare i dokumentet och uppgifter från energicertifikatet samt uppgifter från Solar Keymark certifikatet. Beräkningarna görs till det mesta i Excel dokument för att få jämfört olika värden per månad med olika linjer. På detta sätt kommer helheten bäst att kunna visas. Genom att värden och formler satts in i Excel-dokument har ett resultat av det optimala antalet solpaneler kunnat fasställas.

### 6.1 Energibehov för golvvärmen

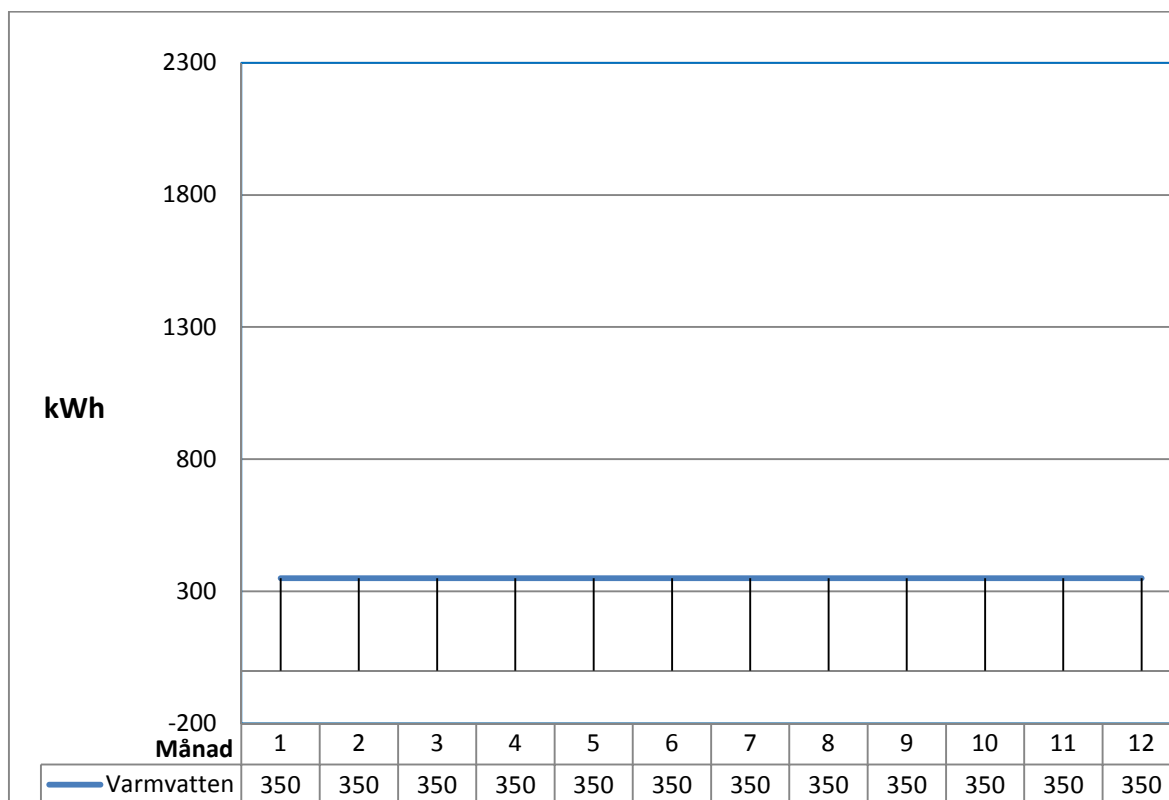
För att få på reda hur totala årets energi för golvvärmen är fördelat över årets månader används beräkningar enligt (Formel 3) och graddagstalet från tabell 1. Totala årets energiåtgång är hämtat från energiberäkningarna, 10 751 kWh/år.



Figur 21. Månatligt energibehov för golvvärmen [kWh].

## 6.2 Energibehov för varmvatten

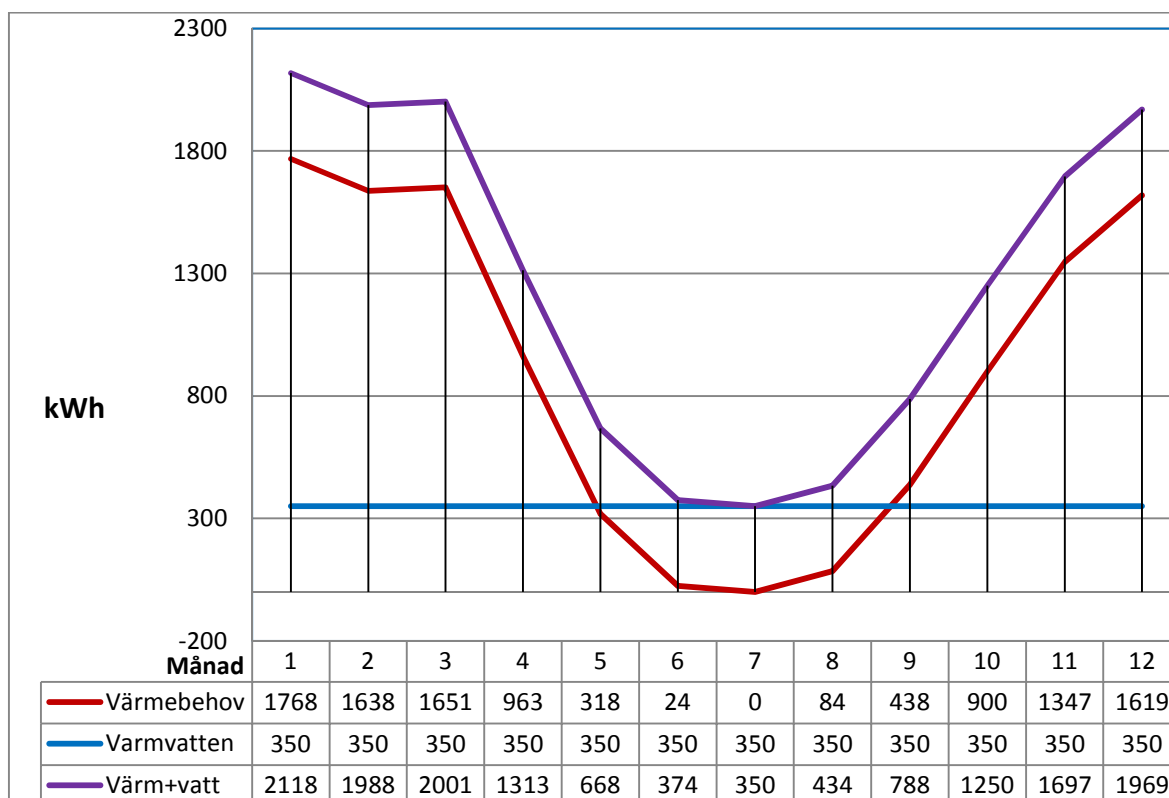
För att få på reda hur totala årets energi för varmvatten är fördelat över årets månader används beräkningar enligt (formel 4). Den årliga vatten mängden för varmvatten är hämtat från energiintygets beräkningar,  $255 \text{ dm}^3/\text{m}^2$ . Husets area är  $284 \text{ m}^2$  och temperatur skillnaden mellan inkommande kallvatten  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  och varmvatten  $55 \text{ }^\circ\text{C}$  är  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ . Summan av uträkningen  $4200 \text{ kWh}$  fördelas jämt över alla månaderna.



Figur 22. Månatligt energibehov för varmvatten [kWh].

### 6.3 Energibehov för golvvärmen och varmvatten

Det totala energibehovet för golvvärmen och varmvatten beräknas genom att addera ihop angivna värden i figur 1 och figur 2. Genom att få fram det totala energibehovet vet man när solenergin bryter den linjen och kan börja värma upp långtidslagret. Totala energiåtgången blir för golvvärmen och varmvattnet 14 951 kWh.



Figur 23. Månatligt energibehov för golvvärmen och varmvatten [kWh]

### 6.4 Energi från solfångare

För energin från solfångaren per kvadratmeter används beräkningar enligt formel 6 och en temperaturdifferens mellan solfångare och uteluft på 60 °C.

$$q_{aurinkokeräin} = 637 \text{ W/m}^2$$

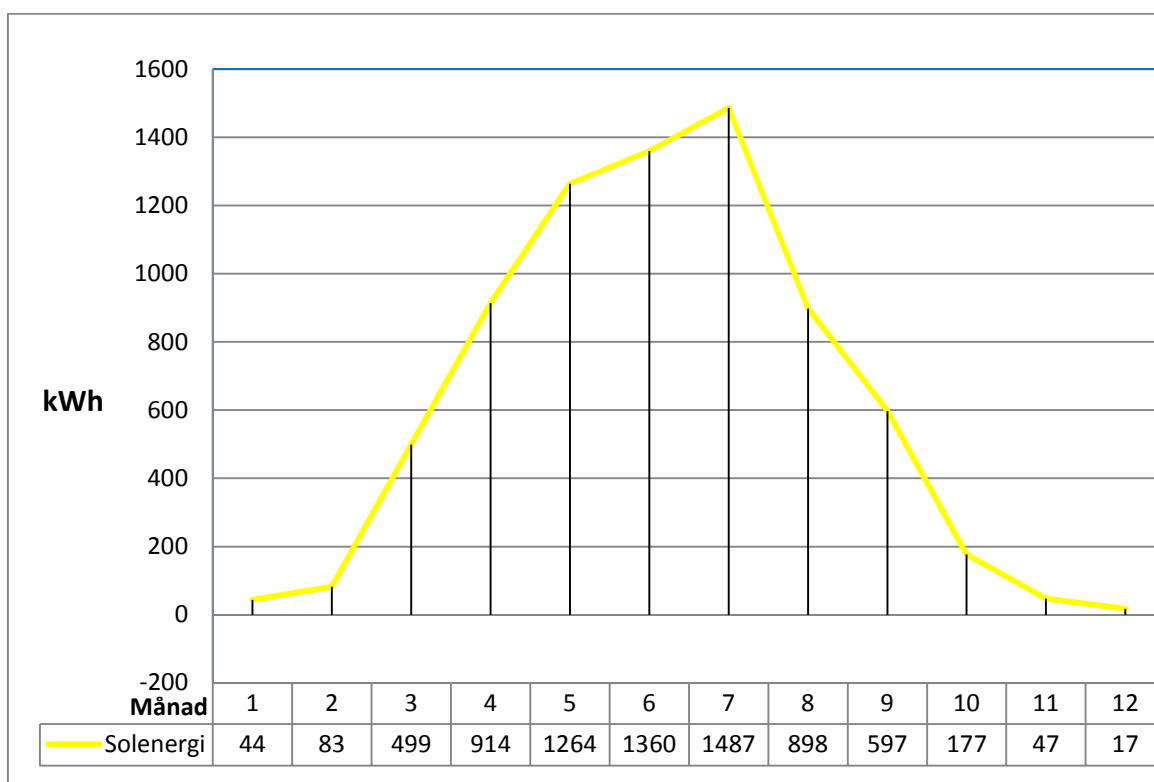
Korrigerig av syd vädersträck och solpanelens lutning enligt formel 7 och tabell 3.

$$k_{aurinkokeräin} = 1,2$$

Totala årets energi per kvadratmeter beräknas enligt formel 5 och totala årsinstrålningen från tabell 2

$$Q_{aurinko}=656 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$$

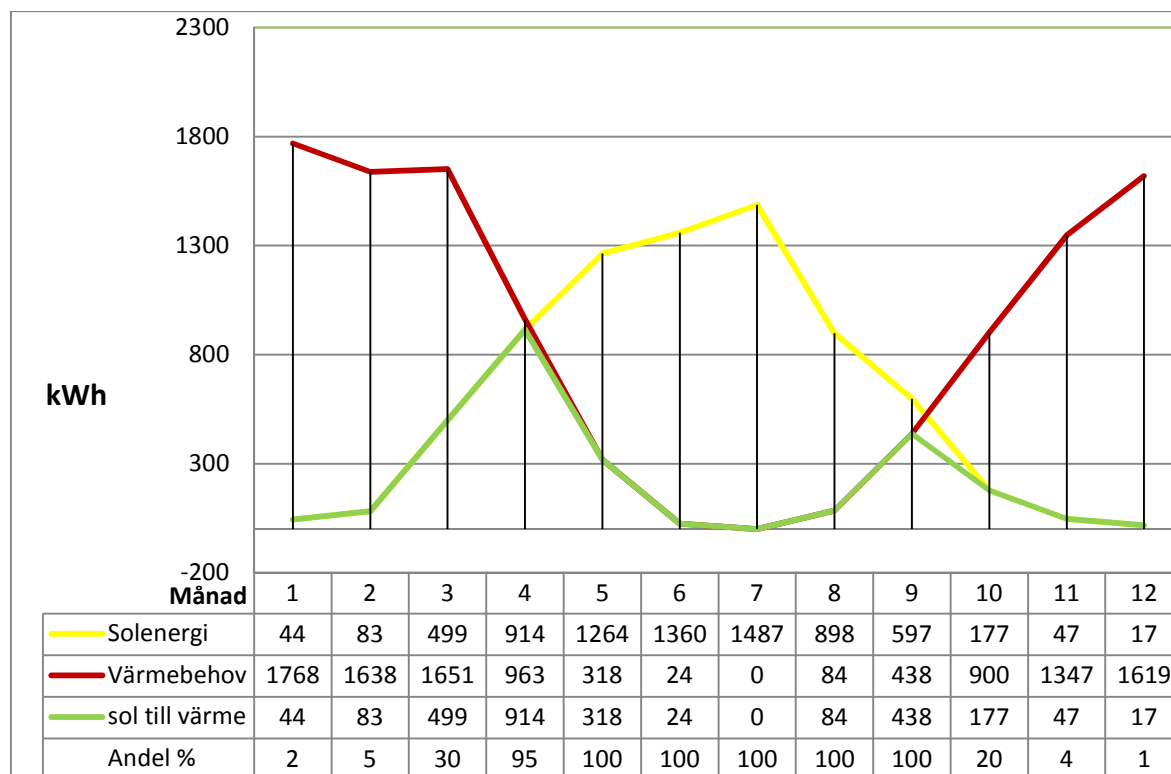
För att få på reda månatliga värden fördelas totala årets solenergi enligt tabell 2 och samtidigt subtraheras rörförlusterna enligt formel 11 och antalet kvadratmeter på solpanelerna bestäms till 14. Valet av 14 m<sup>2</sup> solpanel grundas på att med 12 m<sup>2</sup> räcker inte solenergin till att ladda långtidsvärmelagret fullt och med 16 m<sup>2</sup> blir det alldeles för mycket solenergi över. Totala solenergin per år för 14 kvadratmeter solpanel blir 7387 kWh.



**Figur 24. Månatlig solenergi från 14 m<sup>2</sup> solpanel [kWh].**

## 6.5 Solenergi till golvvärmen

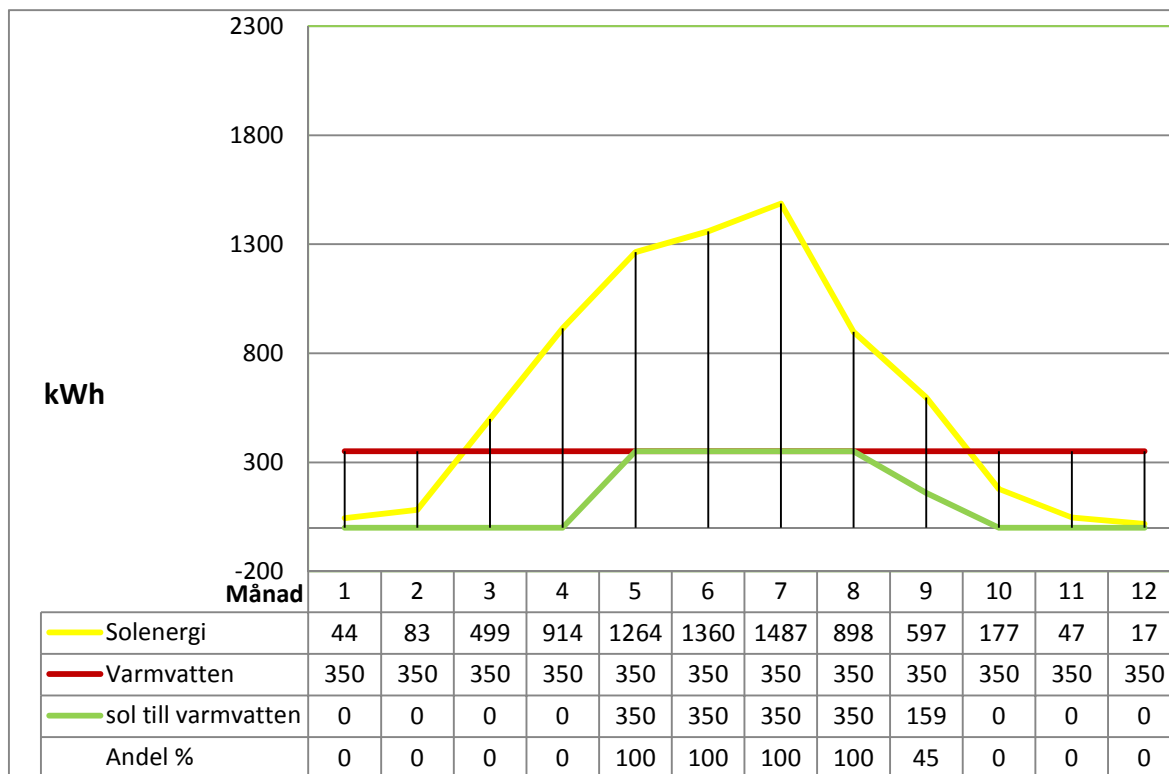
Solenergin prioriteras först till golvvärmesystemet. Täckningsgraden för energibehovet av golvvärmen blir 25 % av totala golvvärmens energibehov och solenergin som förbrukas är 2646 kWh.



Figur 25. Solenergens täckning för golvvärmen.

## 6.6 Solenergi till varmvatten

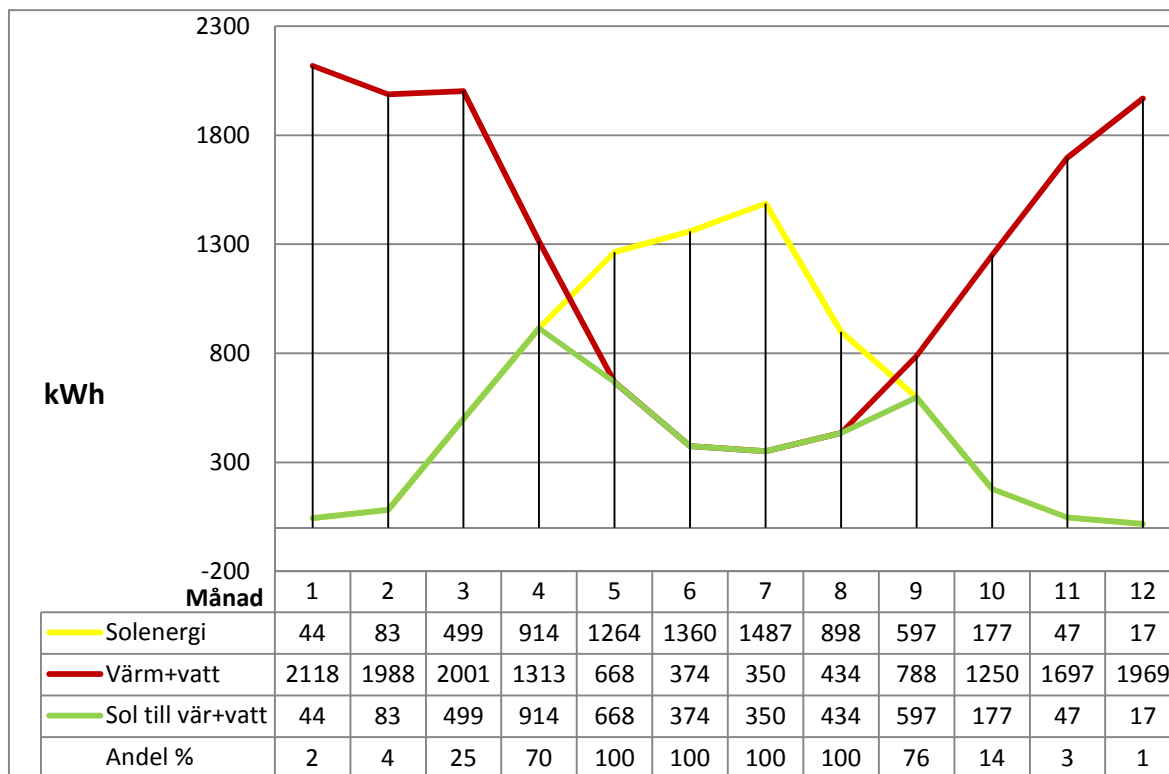
Täckningsgraden för energibehovet av varmvatten blir 37 % av totala varmvattnets energibehov och solenergin som förbrukas är 1559 kWh.



Figur 26. Solenergins täckning för varmvatten.

## 6.7 Solenergi till golvvärmen och varmvatten

Täckningsgraden för energibehovet av golvvärmen och varmvatten blir 28 % av deras totala energibehov och solenergin som förbrukas är 4205 kWh.



Figur 27. Solenergens täckning för golvvärmen och varmvatten.

## 6.8 Solenergi till långtidsvärmelagret

Fastställningen av långtidsvärmelagrets lagringskapacitet och värmeförluster bör beräknas för att få reda på hur mycket och hur länge solenergin kan tas tillvara.

För att få begrepp om hur mycket energi som kan lagras i långtidsvärmelagret vars volym är 25 000 liter så används formel 8 och med en temperaturdifferens på 65 °C.

$$Q=1896 \text{ kWh}$$

Mängden solenergi som blir över när golvvärmen och varmvattnet förbrukat sin del är 3182 kWh. Summan är betydligt större än lagringskapaciteten före värmeförlusterna är borträknade.

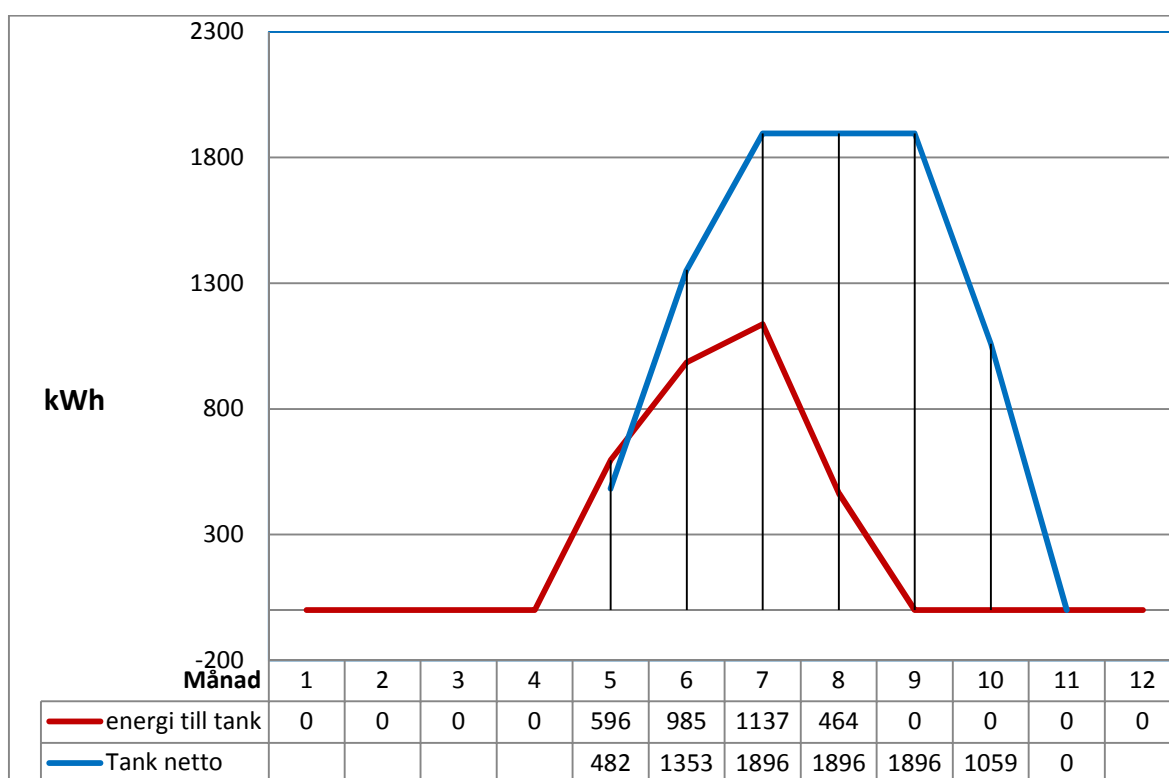
Totala arean av tanken vars höjd är 2 m och längd 8 m beräknas enligt formel 10.

$$A=56,5 \text{ m}^2$$

Värmeförlusterna per dygn genom den 50 cm tjocka lagret av lösull med värmeledningsvärdet  $0,04 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$  beräknas enligt formel 9 och med en medel temperaturdifferens på  $32,5 \text{ } ^\circ\text{C}$  som är mellan rumstemperaturens  $25 \text{ } ^\circ\text{C}$  och tanktemperaturens  $90 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

$$Q=3,8 \text{ kWh/ dygn}$$

För att få månadsvis värmeförlust multipliceras talet med 30 och blir då 114 kWh och har använts för månad 5,6, och 10 när det varit laddning eller urladdnings period av värmelagret. Under månad 7,8 och 9 används 228 kWh som värmeförlust, dvs. när värmelagret är fullt.

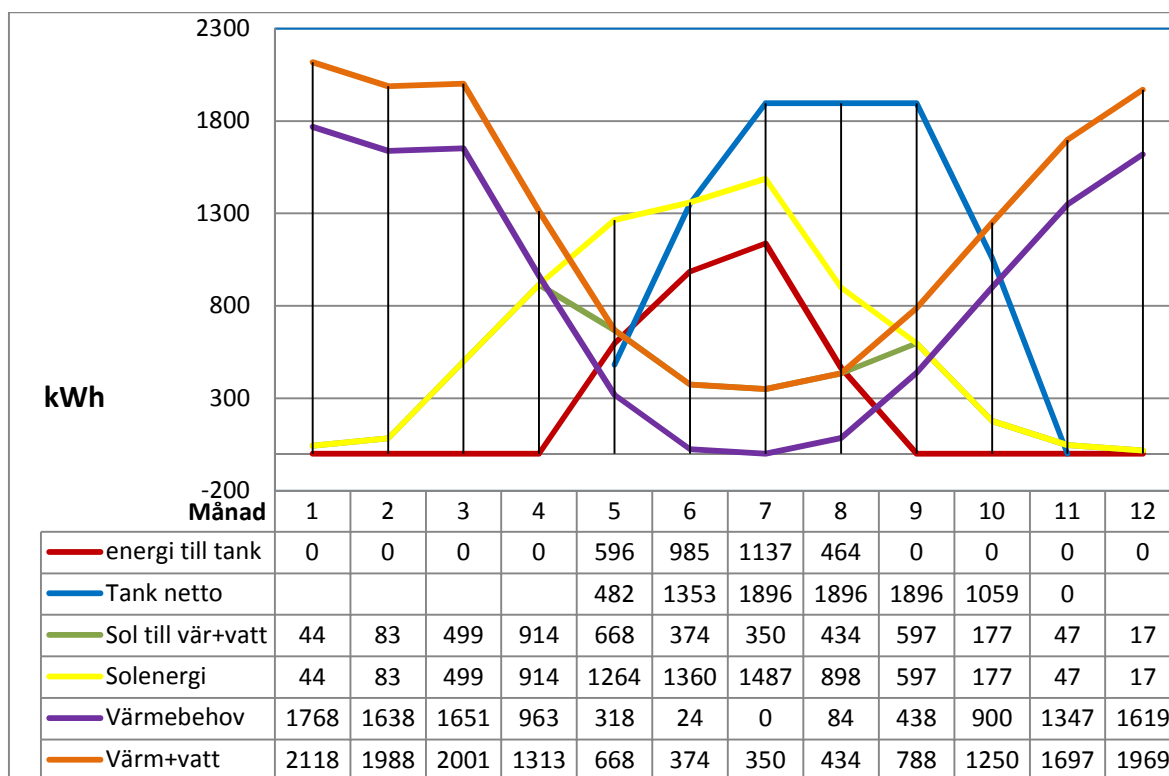


Figur 28. Energi till långtidsvärmelagret [kWh].

Från månad 5 börjar laddningen av långtidsvärmelagret och vid månad 7 är det full laddat. Under månad 7, 8 och 9 finns det ännu lite överkapacitet av energin som går åt till förlusterna. Från månad 9 urladdas långtidsvärmelagret och är helt tomt i slutet av månad 11.



Med hjälp av energin i långtidsvärmelagret ökar täckningsgraden för energibehovet av golvvärmen från 25 % till 42 % av totala golvvärmens energibehov och solenergin som förbrukas höjs från 2646 kWh till 4542 kWh. Samtidigt ökar täckningsgraden för energibehovet av golvvärmen och varmvatten från 28 % till 41 % av deras totala energibehov och solenergin som förbrukas höjs från 4205 kWh till 6101 kWh.



Figur 29. Översiktsbild av solenergitillgång och energiåtgång.

## 7 Sammanfattning

Solen är jordens största energikälla. Vi borde sträva till att använda oss av mera solenergi än vad vi gör i dagsläget därför att solenergin är gratis energi förutom investeringskostnaderna och dessutom en form av förnyelsebar energi. Tyvärr så har vi minst energibehov när solenergin är som störst. En lösning på det problemet skulle vara ett idealiskt lager att förvara solenergin till vinterns stora energibehov.

Vid beräkningar av solvärme anläggningar är det viktigt att veta hur mycket solenergi som kan tas tillvara för fastighetens olika energibehov. Avsättningen för solenergin är den viktigaste pusselbiten i hela dimensioneringen. Underdimensioneras solvärmeanläggningen för mycket så får man så liten täckningsgrad av solenergin att återbetalningstiden av anläggningen blir väldigt lång, om den ens återbetalar sig. Har anläggningen å andra sidan överdimensionerats för mycket så kommer det fort till en gräns när solpanelerna kan producera energi men den har ingenstans att ta vägen.

Genom att beräkna långtidslagrets lagringskapacitet kommer man fram till hur mycket solenergi som kan lagras förutom solenergin som direkt går åt till fastighetens energibehov. Och därefter väljs det mest lämpade antalet kvadratmeter solpaneler för ändamålet.

Genom användningen av långtidslagret kommer den lagrade solenergin i detta fall att räcka till för golvvärmens energibehov ända fram till slutet av november. Täckningsgraden för energibehovet av golvvärmen ökar med hjälp av energin i långtidslagret från 25 % till 42 % av totala energibehovet för golvvärmen.

Med resultatet från beräkningarna får man ungefär 6100 kWh solenergi som kan dras bort från totala energiåtgången för golvvärmen och varmvatten vilket är 41 % av deras totala energiåtgång. Resultatet är baserat på ett medelvärde för solinstrålningen och den kan variera från år till år och inverkar på mängden solenergi som kan tas tillvara.

## 8 Källförteckning

*Artic Sunlight Innovation*. u.d. <http://www.asi.nu> (använd den 04 05 2015).

*Energimyndigheten*. den 04 09 2014.

<https://www.energimyndigheten.se/Foretag/Energieffektivt-byggande/Lokaler-och-flerbostadshus/Forvalta/Uppvarmning/Solvarme/> (använd den 04 05 2015).

*European Commission*. den 04 09 2012. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmaps/eur.htm#FI> (använd den 04 05 2015).

*Förnybar energi*. u.d.

[http://sv.wikipedia.org/wiki/F%C3%B6rnybara\\_energik%C3%A4llor](http://sv.wikipedia.org/wiki/F%C3%B6rnybara_energik%C3%A4llor) (använd den 13 04 2015).

*Ground Energy*. u.d. <http://www.groundenergy.fi/sv/solenergi/> (använd den 15 4 2015).

”Momentti 1.” i *Insinöörifysiikka*, av Pentti Inkinen och Jukka Tuohi, 380-381. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy, 2009.

*Kardonar*. u.d. <http://www.kardonar.com/beredare.html> (använd den 04 05 2015).

Lindström, Daniel. ”Handbok för självbygge av solfångare.” 3,10,11,12,15,21. Vasa: Oy KEAB-PAPER Ab, 2008.

*Meteorologiska institutet*. den 03 05 2015. <http://sv.ilmatieteenlaitos.fi/graddagar> (använd den 04 05 2015).

*Miljömisteriet*. den 14 1 2015. [http://www.ym.fi/sv-fi/Markanvandning\\_och\\_byggande/Lagstiftning\\_och\\_anvisningar/Byggbestammels-esamlingen](http://www.ym.fi/sv-fi/Markanvandning_och_byggande/Lagstiftning_och_anvisningar/Byggbestammels-esamlingen) (använd den 25 4 2015).

*NASA*. den 15 11 2011. [http://science-edu.larc.nasa.gov/EDDOCS/radiation\\_facts.html](http://science-edu.larc.nasa.gov/EDDOCS/radiation_facts.html) (använd den 04 05 2015).

*Savo Solar*. 2015. <http://www.savosolar.fi> (använd den 04 05 2015).

”Rakennusten Lämmitys.” i *Rakennusten Lämmitys*, av Olli Seppänen, 43,343,335-336. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy, 2001.

*SMHI*. den 23 04 2014. <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/hur-mats-solskenstid-1.5206> (använd den 03 05 2015).

*Solen*. u.d. <http://sv.wikipedia.org/wiki/Solen> (använd den 15 04 2015).

*Solenergiteknik*. u.d. <http://www.solenergiteknik.se/solenergi/solkulvert.html> (använd den 04 05 2015).

*Solportalen*. 2014. <http://www.solportalen.fi/styled-3/styled-5/index.html> (använd den 04 05 2015).

*Solportalen*. 2014. <http://www.solportalen.fi/styled-3/styled-14/index.html> (använd den 04 05 2015).

*Solra*. u.d. <http://www.solra.se> (använd den 04 05 2015).

*SP*. u.d. <http://www.sp.se/en/index/services/solar/water/Sidor/default.aspx> (använd den 03 05 2015).

*STRANG.SMHI*. den 03 05 2015.

<http://strang.smhi.se/extraction/index.php?data=tmsrs&lev=3> (använd den 03 05 2015).

*Termocal*. u.d. <http://www.termocal.fi/fi/tuotteet/varaosattarvikkeet> (använd den 04 05 2015).

*Tyfo*. u.d. <http://www.tyfo.de/en/product/tyfocor-ls/> (använd den 04 05 2015).

*Vattenfall*. den 16 10 2013. <http://corporate.vattenfall.se/om-energi/el-och-varmeproduktion/solenergi/> (använd den 15 04 2015).

*Vexve*. u.d. <http://www.vexve.com> (använd den 04 05 2015).

*Viessman*. u.d. <http://www.viessmann.com> (använd den 04 05 2015).

Warfvinge, Catarina, och Mats Dahlblom. "Projektering av VVS-installationer." 5:4. Lund: Exaktaprinting AB, 2010.

*Wilo*. u.d. <http://www.wilo.com> (använd den 04 05 2015).

# ENERGIATODISTUS

Rakennuksen nimi ja osoite:

Rakennustunnus:

Rakennuksen valmistumisvuosi: 2014

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka: Pientalo (Luokka 1, Erilliset pientalot)

Todistustunnus:

	Energiatohokkuusluokka
A	
B	
C	
D	
E	
F	
G	

Uudisrakennusten  
määräystaso 2012

C

Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)

126

kWh<sub>E</sub>/m<sup>2</sup>vuosi

Todistuksen laatija:  
Stefan Budd

Yritys:  
Ingenjörbyrå Budd

Allekirjoitus:

Todistuksen laatimispäivä:  
21.05.2013

Viimeinen voimassaolopäivä:  
21.05.2023

# YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIAATEHOKKUUDESTA

Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala, m<sup>2</sup> 284  
Lämmitysjärjestelmän kuvaus  
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus

Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)		kWhE/(m <sup>2</sup> vuosi)
Sähkö	19931	70	1.70	119.3
Puu	3334	12	0.50	5.9
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	6475	22.8		
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				126

## Rakennuksen energiatehokkuusluokka

Käytetty E-luvun luokitteluasteikko Luokka 1, Erilliset pientalot

Luokkien rajat asteikolla

A: ...78	B: 79 ... 120	C: 121 ... 154
D: 155 ... 234	E: 235 ... 364	F: 365 ... 434
G: 435 ...		
C		

Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka

E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiakulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitolämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.

## ENERGIAATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET

Keskeiset suositukset rakennuksen energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

Suositukset on esitetty yksityiskohtaisemmin kohdassa "Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi".

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Pientalo (Luokka 1, Erilliset pientalot)			
Rakennuksen valmistumisvuosi	2014	Lämmitetty nettoala	284	m²
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q50	4	m³/(h m²)		
	A m²	U W/(m²K)	UxA W/K	Osuus lämpöhäviöstä %
Ulkoseinät	188.50	0.17	31.44	24.31
Yläpohja	162.00	0.09	14.58	11.28
Alapohja	148.50	0.16	23.76	18.37
Ikkunat	19.80	1.00	19.80	15.31
Ulko-ovet	18.60	1.00	18.60	14.38
Kylmäsiilat	-	-	21.13	16.34
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A m²	U W/(m²K)	g kohtisuora -arvo -	
Pohjoinen	3.80	1.00	0.56	
Itä	-	-	-	
Etelä	7.70	1.00	0.56	
Länsi	8.30	1.00	0.56	
Vaakataso	-	-	-	
Vaakataso (kattokupu)	-	-	-	
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Ilmavirta tulo/poisto (m³/s) / (m³/s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m³/s)	LTO:n lämpötilasuhde -	Jäätymisenesto C
Pääilmanvaihtokoneet	0.114 / 0.114	1.5	> 45	5.00
Erillispoistot			-	
Ilmanvaihtojärjestelmä	0.114 / 0.114	1.5	-	
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:		45 %		
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Tuoton hyötysuhde -	Jaon ja luovutuk- sen hyötysuhde -	Lämpö- kerroin (1)	Apulaitteiden sähkönkäyttö (2) kWh/(m²vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys		80 %	2.40	2.50
LKV:n valmistus		85 %	2.40	1.06
(1) vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
(2) lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulisija	1	2000		
Ilmalämpöpumppu	1	1000		
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin			
Jäähdytysjärjestelmä	-			
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm³/(m²vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m²vuosi)		
Lämmin käyttövesi	255.00	15		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste -	Henkilöt W/m²	Kuluttajalaitteet W/m²	Valaistus W/m²
Henkilöt ja kuluttajalaitteet	60 %	2.00	3.00	
Valaistus	10 %			8.00

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET

Rakennuskohde

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka

Pientalo (Luokka 1, Erilliset pientalot)

Rakennuksen valmistumisvuosi

2014

Lämmitetty nettoala, m²

284

E-luku, kWhE/(m²vuosi)

126

E-luvun erittely

Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon Kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus	
			kWhE/vuosi	kWhE/(m²vuosi)
Sähkö	19931	1.70	33883	119.3
Uusiutuva polttoaine (Puu)	3334	0.50	1667	5.9
YHTEENSÄ	23265		35550	125.2

Uusiutuva omavaraisenergia, hyödyksikäytetty osuus

	kWh/vuosi	kWh/(m²vuosi)
Aurinkokeräimet	2208	7.77
Lämpö ulkoilmasta	643	2.26

Rakennuksen teknisten järjestelmien energiakulutus

	Sähkö kWh/(m²vuosi)	Lämpö kWh/(m²vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m²vuosi)
Lämmitysjärjestelmä			
Tilojen lämmitys (1)	2.5	34.1	
Tuloilman lämmitys	22.2		
Lämpimän käyttöveden valmistus	1.1	19.4	
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus			
Jäähdytysjärjestelmä			
Kuluttajalaitteet ja valaistus	22.8		
YHTEENSÄ	48.6	53.5	0

(1) Ilmanvaihtojärjestelmän tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen

Energian nettotarve

	kWh/vuosi	kWh/(m²vuosi)
Tilojen lämmitys (2)	10751	38
Ilmanvaihtojärjestelmän lämmitys (3)	14131	50
Lämpimän käyttöveden valmistus	4200	15
Jäähdytys	0	0

(2) sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa

(3) laskettu lämmöntalteenoton kanssa

Lämpökuormat

	kWh/a	kWh/(m² a)
Aurinko	4285	15.09
Ihmiset	2985	10.51
Kuluttajalaitteet	4478	15.77
Valaistus	1990	7.01
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöstä	289	1.02

Laskentatyökalun nimi ja versionumero

Laskentatyökalun nimi ja versionumero

www.laskentapalvelut.fi, versio 1.2 (17.3.2013)





# Certificado

Certificate no.  
Certificado nº

PSK – 036/2013



Name and address of certificate holder:  
Nome e morada do titular do certificado:

Savo-Solar Oy  
Insinöörinkatu, 7  
FI 50100 Mikkeli  
Finland

Product:  
Produto:

Thermal Solar Collector  
Coletor Solar Térmico

Type references:  
Referências:

SF100-03 DS; SF100-03 DE

Trademark(s):  
Marca(s) comercial(is):

----

Technical characteristics:  
Características técnicas:

Summary of EN 12975 Test Results: Registration No. PSK-036/2013  
(in annex)  
Resumo dos resultados dos ensaios realizados segundo a norma EN 12975:  
Registo Nº PSK-036/2013 (em anexo)

This product is in conformity with:  
Este produto está em conformidade com:

EN 12975-1:2006+A1:2010, EN 12975-2:2006

and with the Specific Keymark Scheme Rules for Solar Thermal Products  
e com as Regras Particulares do CEN Keymark Scheme para Produtos Solares Térmicos.

Test report(s) ref. / Issued by:  
Relatório(s) de ensaios nº(s) / Emitido(s) por:

27.V2/LES/2011 /LNEG

Additional information (if any):  
Informação adicional (se existir):

----

This certificate is valid until:  
Este certificado é válido até:

2017-01-24

and supersedes certificate no:  
e substitui o certificado nº:

PSK-002/2012

Date of issue:  
Data de emissão:

2013-09-23

Francisco Barroca  
General Manager / Diretor Geral



This Certificate includes one Annex with 2 (two) pages  
Este Certificado é constituído por um Anexo com 2 (duas) páginas



[illegible]



Summary of EN 12975 Test Results, annex to Solar KEYMARK Certificate	Licence number Nº do certificado	PSK-036/2013
Resumo Result. dos ensaios segundo EN 12975, Anexo ao certificado SK	Issued / Emitido em	23-09-2013

[illegible]

<b>Collector mounting: Fixed or tracking</b> Instalação do coletor: Fixa ou com seguidor	No tracking; Slope = latitude - 15° (rounded to nearest 5°)
---	---

Overview of locations / Dados da localização				
Location / Localidade	Latitude °	Gtot kWh/m <sup>2</sup>	Ta °C	Collector orientation or tracking mode Orientação do coletor ou modo de seguimento
Athens	38	1 765	18.5	South, 25°
Davos	47	1 714	3.2	South, 30°
Stockholm	59	1 166	7.5	South, 45°
Würzburg	50	1 244	9.0	South, 35°

G <sub>tot</sub>	Annual total irradiation on collector plane / Radiação total anual no plano do coletor	kWh/m <sup>2</sup>
T <sub>a</sub>	Mean annual ambient air temperature / Média anual da temperatura ambiente	°C
T <sub>m</sub>	Constant collector operating temperature (mean of in- and outlet temperatures) Temperaturas de funcionamento do coletor (média entre a temperatura de entrada e saída)	°C

Calculation of the annual collector performance is done by the official Solar Keymark spreadsheet tool. Hour by hour the collector output is calculated according to the efficiency parameters from the Keymark test using constant collector operating temperature ( $T_m$ ). Detailed description with all equations used is available from the Solar Keymark web site (direct link: <http://www.estif.org/solarkeymark/annexb1.php>) / O cálculo da energia anual fornecida pelo colector é feito com base na folha de dados oficial do Solar Keymark. A energia fornecida pelo colector é calculada hora a hora de acordo com os parâmetros de ensaio de rendimento realizado como definido no Solar Keymark e com as temperaturas médias de funcionamento ( $T_m$ ). A descrição detalhada com todas as equações utilizadas está disponível no website do Solar Keymark (acesso directo: <http://www.estif.org/solarkeymark/annexb1.php>)

**CERTIF Associação para a Certificação**  
Rua José Afonso, 9E - 2810-237 Almada - Portugal  
Tel: +351 212 586 940 / Fax: +351 212586959 / mail@certif.pt / www.certif.pt

Datasheet version:  
VERSION 3.7, 2012.03.22  
Calculation program version:  
3.07, October 2011 (SP1)